



**UNIVERSIDADE FEDERAL
DE SERGIPE PRÓ-REITORIA
DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

DOUGLAS VIEIRA GOIS

**CENÁRIOS DE RISCO À DESERTIFICAÇÃO NO
SEMIÁRIDO SERGIPANO**

Cidade Universitária Prof. José
Aloísio de Campos São
Cristóvão/SE
2020



**UNIVERSIDADE FEDERAL
DE SERGIPE PRÓ-REITORIA
DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

DOUGLAS VIEIRA GOIS

**CENÁRIOS DE RISCO À DESERTIFICAÇÃO NO
SEMIÁRIDO SERGIPANO**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Sergipe - PPGEO/UFS, como requisito para obtenção do título de Doutor em Geografia. Área de concentração: Organização e Dinâmica dos Espaços Agrário e Regional, na linha de Pesquisa: Dinâmica Ambiental. Orientadora: Prof^a Dra. Rosemeri Melo e Souza.

Cidade Universitária Prof. José
Aloísio de Campos São
Cristóvão/SE
2020

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

G616c Gois, Douglas Vieira
Cenários de risco à desertificação no semiárido
sergipano / Douglas Vieira Gois ; orientadora Rosemeri Melo
e Souza. – São Cristóvão, SE, 2020.
184 f. : il.

Tese (doutorado em Geografia) – Universidade Federal
de Sergipe, 2020.

1. Geografia. 2. Degradação ambiental. 3. Desertificação –
Métodos de simulação. 4. Paisagens – Proteção. 5. Impacto
ambiental. 6. Regiões áridas – Sergipe. I. Souza, Rosemeri
Melo e, orient. II. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
Programa de Pós-Graduação em Geografia – PPGeo

DOUGLAS VIEIRA GOIS

CENÁRIOS DE RISCO À DESERTIFICAÇÃO NO SEMIÁRIDO SERGIPANO

Tese de Doutorado em Geografia

BANCA EXAMINADORA:

Prof^ª. Dra. Rosemeri Melo e Souza
(Orientadora) Programa de Pós-
Graduação em Geografia -UFS

Prof^ª. Dra. Josefa Eliane Santana de
Siqueira Pinto (Membro Interno)
Programa de Pós-Graduação em Geografia -UFS

Prof^º. Dr. Eduardo Rodrigues Viana de
Lima (Membro Externo)
Programa de Pós-Graduação em Geografia -UFPB

Prof^ª. Dra. Márcia Eliane Silva Carvalho
(Membro Interno)
Programa de Pós-Graduação em
Geografia -UFS

Prof^º. Dr. Felipe Pessoa de Melo
(Membro Externo)
Colegiado de Geografia Centro Universitário UniAGES

Cidade Universitária Prof. José
Aloísio de Campos São
Cristóvão/SE
2020

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida, por sempre me conceder forças para seguir em frente, em busca dos meus objetivos.

Aos meus pais, Edivaldo Oliveira de Gois e Rosa Maria Vieira Gois, que sempre fizeram o possível e o impossível para proporcionar uma educação de qualidade, que eu possa retribuir toda essa dedicação. Minha irmã, pelo carinho e incentivo de sempre, para mim um exemplo de determinação, essa vitória é da nossa família!

Aos professores que aceitaram participar da avaliação e, por conseguinte, construção desse trabalho, Eduardo Viana, Marcia Eliane, Josefa Eliane, Anézia Maria e Luana Mota. De modo especial à prof.^a Josefa Eliane, que acompanhou minha formação desde o primeiro período da graduação.

À minha orientadora prof.^a Rosemeri Melo e Souza, por todos os ensinamentos, tanto acadêmicos como para a vida, por sempre acreditar em mim, até quando eu mesmo não acreditava. Muito obrigado por tudo, serei eternamente grato.

À amiga Heloísa Thais Rodrigues de Souza, pessoa com quem pude aprender a pesquisar desde a Iniciação Científica, obrigado pela parceria na pesquisa e na vida. Esse agradecimento é extensivo à sua família que sempre me apoiou e torceu por minhas conquistas.

Aos amigos da graduação, Aline Santo e Edson Barbosa, pessoas especiais com quem compartilhei angústias e alegrias nos anos de graduação. Apesar do distanciamento advindo das rotinas individuais, sou eternamente grato por nossa amizade.

Agradeço aos amigos da Iniciação Científica, Vinicius, Edson, Levison e Wandison, pessoas que partilharam conhecimentos e, sobretudo momentos de descontração cotidiana no laboratório do GEOPLAN. Aos membros do GEOPLAN. De modo particular a Jailton, Anízia, Anézia, Eline, Alberlene, Renata, Sindiany, obrigado pela ajuda e torcida de vocês. De modo especial, agradeço a Felipe Pessoa pela humildade em compartilhar seus conhecimentos na área de geoprocessamento.

Enfim, a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a concretização desse sonho.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES).

Muito Obrigado!

RESUMO

As regiões áridas e semiáridas do globo possuem peculiaridades geoecológicas, em especial a variabilidade pluviométrica, que dificultam o desenvolvimento da agricultura. Tal condição, aliada ao quadro histórico de exploração excessiva dos recursos naturais, atrelado às atividades predatórias exercidas sobre o quadro geoambiental frágil desse espaço dá origem ao processo de degradação ambiental de grande intensidade, denominado desertificação. O processo de desertificação consiste na degradação das terras em áreas áridas, semiáridas e subúmidas secas, advinda de vários fatores, incluindo as variações climáticas e as derivações antropogênicas, resultando em impactos negativos tanto para os domínios ambientais, como para a população por ela afetada. De acordo com o Programa de Ação Estadual de Combate a Desertificação (PAE-SERGIPE), no estado de Sergipe uma área no Noroeste do estado apresenta alto risco de desertificação, e uma porção ao Sudoeste que apresenta risco moderado ao desencadeamento do processo. Contudo, tal constatação baseia-se em estudos projetados para grandes escalas, ancorando-se, sobretudo em dados secundários que não conotam as particularidades da área de estudo, gerando assim resultados generalizantes. Nesse sentido, a presente pesquisa objetivou analisar os cenários de risco à desertificação nos municípios Sergipanos de Canindé de São Francisco e Poço Verde, no período de 2018 e 2050 (presente e futuro), avaliando os principais vetores de degradação e as correlações com derivações antropogênicas na configuração de cenários de avanço das áreas degradadas/desertificadas. Para alcançar tal intento, foram utilizados múltiplos procedimentos metodológicos, a saber: revisão bibliográfica; pesquisa documental; elaboração e análise de documentos cartográficos, a partir de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, com foco na modelagem geoestatística; além da realização de trabalhos de campo para análise in loco dos indicadores de desertificação propostos. No cenário atual, pode-se destacar que no município de Canindé de São Francisco há uma preponderância de ambientes com elevado risco (alto e muito alto), onde 47,6% do território se enquadra nessa classe, enquanto Poço Verde, situado numa área de maiores coeficientes pluviométricos e menor variabilidade climática, possui 29,5% do território com elevado risco (alto e muito alto) à desertificação. Todavia, projetando para o cenário futuro, tendo em vista as derivações antropogênicas, em especial as atividades de agricultura mecanizada (produção de grãos), e pecuária extensiva, ambos os municípios apresentam aumento do risco à desertificação. No cenário futuro Canindé de São Francisco apresentou um aumento percentual de 36% nas áreas de risco elevado, o que corresponde a 64,9% do seu território. Já o município de Poço Verde, com o aumento da severidade climática apresenta de 129%, de aumento em relação ao cenário presente, o que corresponde a 67,5% da área territorial do município. Portanto, a intensificação dos sistemas monocultores com maior potencial de impacto ao solo associado à mudança no clima pode configurar um aumento desse processo de degradação ambiental e por conseguinte de risco à desertificação.

Palavras-Chave: Degradação ambiental; Modelagem Ambiental; Cenários de desertificação; Riscos; Derivações Antropogênicas.

ABSTRACT

The arid and semi-arid regions of the globe have geocological peculiarities, especially the rainfall variability, which hinder the development of agriculture. Such condition, combined with the historical situation of overexploitation of natural resources, linked to predatory activities carried out on the fragile geoenvironmental framework of this space, gives rise to the process of great environmental degradation, called desertification. The desertification process consists of land degradation in arid, semi-arid and dry sub-humid areas, resulting from several factors, including climatic variations and anthropogenic derivations, resulting in negative impacts both for the environmental domains and for the population affected by it. According to the *Programa de Ação Estadual de Combate a Desertificação* (PAE-SERGIPE), in the state of Sergipe a northwestern area of the state has a high risk of desertification, and a southwestern portion that presents a moderate risk of triggering the process. However, this finding is based on large scale studies, anchoring themselves, especially on secondary data that do not connote the particularities of the study area, thus resulting in generalized results. In this sense, the present research aimed to analyze the desertification risk scenarios in the Sergipanos municipalities of Canindé de São Francisco and Poço Verde, in the period of 2018 and 2050 (present and future), evaluating the main vectors of degradation and the correlations with anthropogenic derivations in the configuration of scenarios of advancing of degraded / desertified areas. To achieve this goal, multiple methodological procedures were used, namely: literature review; documentary research; elaboration and analysis of cartographic documents, based on remote sensing and geoprocessing techniques, focusing on geostatistical modeling; in addition to field work for on-site analysis of the proposed desertification indicators. In the current scenario, it can be highlighted that in the municipality of Canindé de São Francisco there is a preponderance of environments with high risk (high and very high), where 47,6% of the territory falls into this class, while Poço Verde, located in an area of higher rainfall coefficients and less climatic variability, it has 29,5 % of the territory with high risk (high and very high) to desertification. However, projecting for the future scenario, taking into account the anthropogenic derivations, especially mechanized agriculture (grain production), and extensive livestock activities, both municipalities present an increased risk of desertification. In the future scenario, Canindé de São Francisco presented a percentage increase of 36.7% in high risk areas, what corresponds to 64,9% of its territory. The municipality of Poço Verde, with the increase in climatic severity, presents an increase of 129% in relation to the current scenario, which corresponds to 67.5% of the municipality's territorial area. Therefore, the intensification of monoculture systems with the greatest potential for impact on soil associated with climate change might represent an increase in this process of environmental degradation and therefore on desertification risk.

Key words: Environmental degradation; Environmental Modeling; Desertification scenarios; Risks; Anthropogenic derivations.

RESUMEN

Las regiones áridas y semiáridas del mundo tienen peculiaridades geoecológicas, especialmente la variabilidad de las precipitaciones, que dificultan el desarrollo de la agricultura. Tal condición, combinada con el marco histórico de sobreexplotación de los recursos naturales, vinculada a actividades depredadoras llevadas a cabo en el frágil marco geoambiental de este espacio cede lugar al proceso de degradación ambiental en gran intensidad, llamado desertificación. El proceso de desertificación consiste en la degradación de la tierra en áreas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, como resultado de varios factores, incluidas las variaciones climáticas y las derivaciones antropogénicas, que resultan en impactos negativos tanto para los dominios ambientales como para la población afectada. Según el Programa de Acción Estatal para Combatir la Desertificación (PAE-SERGIPE), en el estado de Sergipe, un área al noroeste del estado tiene un alto riesgo de desertificación, y una porción al suroeste que presenta un riesgo moderado de desencadenar el proceso. Sin embargo, este hallazgo se basa en estudios diseñados para grandes escalas, anclados a sí mismos, especialmente en datos secundarios que no connotan las particularidades del área de estudio, lo que resulta en resultados generalizadores. En este sentido, la presente investigación tuvo como objetivo analizar los escenarios de riesgo de desertificación en los municipios Sergipanos de Canindé de São Francisco y Poço Verde, en el período de 2018 y 2050 (presente y futuro), evaluando los principales vectores de degradación y las correlaciones con derivaciones antropogénicas en la configuración de escenarios avanzados. áreas degradadas / desertificadas. Para lograr este objetivo, se utilizaron múltiples procedimientos metodológicos, a saber: revisión de la literatura; investigación documental; elaboración y análisis de documentos cartográficos, basados en técnicas de teledetección y geoprocésamiento, centrándose en el modelado geoestadístico; Además del trabajo de campo para el análisis in situ de los indicadores de desertificación propuestos. En el escenario actual, se puede resaltar que en el municipio de Canindé de São Francisco existe una preponderancia de ambientes de alto riesgo (alto y muy alto), donde el 47,6% del territorio cae en esta clase, mientras que Poço Verde, ubicado en un área de mayor coeficientes de lluvia y menor variabilidad climática, tiene el 29,5% del territorio con alto riesgo (alto y muy alto) de desertificación. Sin embargo, al proyectar para el escenario futuro, en vista de las derivaciones antropogénicas, especialmente la agricultura mecanizada (producción de granos) y las actividades ganaderas extensas, ambos municipios presentan un mayor riesgo de desertificación. En el escenario futuro, Canindé de São Francisco presentó un aumento porcentual del 36,7% en las zonas de alto riesgo, lo que corresponde al 64,9% de su territorio. En cuanto al municipio de Poço Verde, con un aumento en la severidad climática, presenta un aumento del 129% en relación con el escenario actual, que corresponde al 67,5% del área territorial del municipio, por lo que la intensificación de los sistemas de monocultivo con mayor potencial de impacto. El suelo asociado con el cambio climático puede representar un aumento en este proceso de degradación ambiental y, en consecuencia, el riesgo de desertificación.

Palabras clave: degradación ambiental; Modelado ambiental; Escenarios de desertificación; Riesgos; Derivaciones antropogénicas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Esboço de uma definição teórica de Geossistema.....	26
Figura 2- Áreas afetadas pelos processos de desertificação no Nordeste do Brasil e no estado de Sergipe.....	41
Figura 3- Localização dos municípios de Poço Verde e Canindé de São Francisco-Sergipe	61
Figura 4- Sobreposição dos Assentamentos de Reforma Agrária no mapa do diagnóstico florestal	68
Figura 5- Representação gráfica completa do balanço hídrico climatológico A- do município de Poço Verde e B- do município de Canindé de São Francisco-1990-2010	71
Figura 6- Formações vegetais localizadas no município de Poço Verde e Canindé de São Francisco-Sergipe	75
Figura 7 - Representação esquemática dos sistemas meteorológicos atuantes no NEB.....	80
Figura 8- Divisão Climática e massas de ar atuantes no estado de Sergipe	85
Figura 9- Climograma Pluviosidades e Temperaturas Médias Mensais - (Poço Verde e Canindé de São Francisco-SE): 1963-2010	86
Figura 10- Distribuição das Isoietas no estado de Sergipe, com destaque nos municípios de Poço Verde e Canindé de São Francisco-SE	88
Figura 11- Classes de solos no município de Poço Verde e Canindé de São Francisco-SE	90
Figura 12- Unidades geomorfológicas no município de Poço Verde e Canindé de São Francisco-SE	95
Figura 13- Morfometria do município de Poço Verde -SE	97
Figura 14- Morfometria do município de Canindé de São Francisco -SE	98
Figura 15- Hidrografia do município de Poço Verde e Canindé de São Francisco-SE	100
Figura 16 - Sequência operacional	108
Figura 17- Percentuais de cobertura das classes de uso e ocupação do solo no município de Canindé de São Francisco, 2018	130
Figura 18- Uso e ocupação do solo no município de Canindé de São Francisco, no ano de 2018.....	131
Figura 19- Análise Multitemporal do Uso e ocupação do solo da terra no município de Poço Verde (1990- 2018).....	132
Figura 20- Percentuais de cobertura das classes de uso e ocupação do solo no município de Poço Verde, 2018.....	133
Figura 21- Uso e ocupação do solo no município de Poço Verde, no ano de 2018.....	135

Figura 22- Análise Multitemporal do Uso e ocupação do solo no município de Poço Verde (1990- 2018).....	136
Figura 23 a- Albedo de Superfície de Canindé de São Francisco, no ano de 2018	145
Figura 23b- Albedo de Superfície Poço Verde, no ano de 2018	145
Figura 24 a- Emissividade de Canindé de São Francisco, no ano de 2018	146
Figura 24 b- Emissividade de Poço Verde, no ano de 2018ano de 2018	146
Figura 25 a- Fluxo de Calor no Solo de Canindé de São Francisco, no ano de 2018	147
Figura 26b- Fluxo de Calor no Solo Poço Verde, no ano de 2018	147
Figura 26 a- NDVI de Canindé de São Francisco, no ano de 2018	148
Figura 26b- NDVI de Poço Verde, no ano de 2018	148
Figura 27 a- Temperatura de Superfície de Poço Verde, no ano de 2018	149
Figura 27 b- Temperatura de Superfície de Poço Verde, no ano de 2018	149
Figura 28 a- PNE Canindé de São Francisco, no ano de 2018	150
Figura 28 b- PNE de Poço Verde, no ano de 2018	150
Figura 29- Mosaico representativo das áreas de risco à desertificação no Município de Canindé de São Francisco –SE.....	154
Figura 30- Cenário Atual de Risco à Desertificação no Município de Canindé de São Francisco-SE	155
Figura 31- Figura 31- Mosaico representativo das áreas de risco à desertificação no Município de Poço Verde –SE.....	156
Figura 32- Cenário Atual de Risco à Desertificação no Município de Poço Verde-SE	152
Figura 33- Cenário Futuro de Risco à Desertificação no Município de Canindé de São Francisco-SE	158
Figura 34- Cenário Futuro de Risco à Desertificação no Município de Poço Verde-SE	162

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Modalidades de Desertificação	37
Quadro2- Indicadores de desertificação propostos por Vasconcelos Sobrinho (1978)	48
Quadro3- Indicadores de Desertificação propostos por Matallo Júnior (1999e 2001)	49
Quadro 4- Indicadores de Desertificação consensuados em Brasil (2004)	50
Quadro 5- Matriz de Pesos dos indicadores de desertificação (Atual)	123
Quadro 6- Matriz de Pesos dos indicadores de desertificação (Futuro)	124

LISTA DE SIGLAS

ASAN- Anticiclone Subtropical do Atlântico Norte

ASAS- Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul

ASD- Áreas Susceptíveis à Desertificação

CCD- Convenção Mundial de Combate à Desertificação

CCM- Complexos Convectivos de Mesoescala

ENOS- Niño-Oscilação Sul

LI- Linhas de Instabilidade

MEAS- Massa Equatorial do Atlântico Sul

MPA- Massa Polar Atlântica

MST- Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra

MTA- Massa Tropical Atlântica

NDVI- Índice de Vegetação por Diferença Normalizada

NEB- Nordeste brasileiro

PAE- Programa de Ação Estadual de Combate a Desertificação

PAN -BRASIL- Programa de Ação Nacional de Combate a Desertificação e Mitigação dos efeitos da Seca

PNM- Pressão ao Nível do Mar

SAD- Suscetibilidade à Desertificação

SEMARH- Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos

TSM- Temperatura da Superfície do Mar

VCAN- Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis

ZCIT- Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	iv
RESUMO	v
ABSTRACT	vii
RESUMEN	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE QUADROS	ix
LISTA DE SIGLAS	x
INTRODUÇÃO	16
1 CAPÍTULO I: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	22
1.1 Análise da Paisagem: a perspectiva geossistêmica na Geografia	22
1.2 Da degradação ambiental ao processo de Desertificação	28
1.3 O processo de desertificação no semiárido brasileiro.....	38
1.4 Biondicadores de desertificação.....	46
1.5 Análise de cenários ambientais.....	52
1.6 Modelagem Ambiental e o Processo de Desertificação	56
2 CAPÍTULO II: Cenários da pesquisa	60
2.1 Formação territorial	60
2.1.2 Estrutura agrária e luta pela terra	66
2.2 Fisiografia da Paisagem	70
2.2.1 Aspectos fitoecológicos	70
2.2.2 Aspectos climatológicos	76
2.2.3 Aspectos pedológicos	89
2.2.4 Aspectos geomorfológicos	94
2.2.5 Aspectos hidrológicos	99
3 CAPÍTULO III: Caminhos da Pesquisa	105
3.1 Método de Abordagem.....	105
3.1 Procedimentos operacionais	106
3.2 Modelagem da desertificação	115
4 CAPÍTULO IV: CENÁRIOS DE DEGRADAÇÃO BIOFÍSICA.....	128
4.1 Análise do Uso e Ocupação do Solo na área de estudo: aproximações iniciais com o processo de Desertificação.....	128
4.2 Modelagem de parâmetros Biofísicos para o Risco à Desertificação.....	139
4.3 Cenários de Risco à Desertificação no Semiárido Sergipano: Canindé de São Francisco e Poço Verde	151
4.3.2 Cenário Atual de Risco à Desertificação.....	152

4.3.2 Cenário Futuro de Risco à Desertificação.....	154
5 CONCLUSÕES	160
REFERÊNCIAS.....	166

Introdução

INTRODUÇÃO

As mudanças ambientais globais têm gerado incertezas quanto ao desenvolvimento futuro das paisagens. Dentro desse contexto, os impactos antropogênicos apresentam relevância, a saber: redução da biodiversidade, aumento do desmatamento e contaminação das fontes d'água. Em especial, em ambientes áridos e semiáridos, o fenômeno denominado por desertificação ganha destaque.

A paisagem do semiárido brasileiro apresentou historicamente um quadro de exploração excessiva, sobretudo a partir da derrubada indiscriminada de sua cobertura vegetal. Nesse contexto, atrelado as atividades predatórias exercidas sobre o quadro geoambiental vulnerável desta região, surgem processos de degradação ambiental que comprometem a qualidade de vida da população sertaneja (ANDRADE, 1998).

Nos últimos dois séculos é notório o incremento dos danos causados pela sociedade urbano-industrial ao ambiente. As práticas de desmatamento, queimadas, superpastoreio, etc, culminam no comprometimento dos recursos naturais, solo, ar, fauna, recursos hídricos, perda e/ou redução da diversidade biológica e ainda, da cobertura vegetal, resultando na exaustão dos ecossistemas, especialmente os áridos, semiáridos e os subúmidos secos, com o consequente desencadeamento de áreas degradadas/desertificadas (AQUINO, 2012).

Em regiões semiáridas, como o Nordeste Brasileiro (NEB), esses problemas são agravados por conta do seu quadro geoambiental vulnerável, onde, principalmente os recursos hídricos, solo e geobotânico, são consumidos e exauridos vorazmente, aumentando assim a susceptibilidade às contingências climáticas, sobretudo termopluviométricas, como a desertificação (NASCIMENTO, 2006).

Oficialmente, a desertificação é definida como, “a degradação da terra nas zonas áridas, semi-áridas e sub-úmidas secas, resultante de vários fatores, incluindo as variações climáticas e as atividades humanas.” (CCD, 1995, p.13).

Portanto, o conceito denota uma visão integrada da paisagem, sendo as ações humanas um potencial catalisador do fenômeno degradacional. Nesse contexto, deve-se destacar as ações antrópicas, tendo em vista os diversos níveis de derivações induzidas pela utilização dos sistemas ambientais terrestres, mormente para fins econômicos. Tais usos geram, por vezes, impactos altamente nocivos ao funcionamento dos ecossistemas,

desencadeando diversos problemas de ordem pedológica e hidrológica, onde o processo de desertificação toma destaque, especialmente na região semiárida do Nordeste brasileiro.

Muitas são as causas do processo de desertificação, todavia, os estudos são consoantes em destacar que o fenômeno ocorre principalmente em virtude de determinadas formas de manejo a que são submetidos os recursos naturais existentes, em particular a vegetação e os solos.

Freire e Pacheco (2011) asseveram que a principal causa da desertificação é a retirada da cobertura vegetal, que provoca a exposição do solo aos agentes erosivos, principalmente o horizonte superficial de característica mineral, por ser o mais sensível ao uso. Além disso, por vezes, o desmatamento vem associado a queimadas, provocando perda da fertilidade do solo e dificultando a regeneração das espécies vegetais. No mesmo sentido, Souza (2008) destaca que a retirada da vegetação é a ação mais comum que pode desencadear o processo de desertificação, e uma das consequências mais sérias está relacionada aos solos das regiões afetadas, em decorrência do aumento da erosão e os seus efeitos na fertilidade do solo.

Além do risco natural e da componente antropogênica, nos últimos anos tem-se somado a preocupação do avanço do processo de desertificação às mudanças climáticas, sejam elas naturais ou antropogênicas, com aumento da semiaridez ou pela mudança nos ciclos de precipitação. Dados do IPCC (Painel Internacional de Mudanças Climáticas) publicados em (2012) destacam que o Nordeste Brasileiro será uma das regiões com maiores impactos causados pelas mudanças climáticas no Brasil, apresentando cenários de aumento de áreas de alto risco para agricultura em função processo de semiaridez, aridez e desertificação, o que compromete a qualidade de vida da população nordestina. Portanto, os cenários de aumento de áreas de risco para agricultura em função do processo de desertificação é um entrave para diversos setores econômicos e sociais da região, aumentando a vulnerabilidade social.

De acordo com o Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos efeitos da Seca, o PAN – BRASIL, as áreas susceptíveis à desertificação cobrem uma superfície de 1.340.862 km², abrangendo um total de 1.488 municípios nos nove Estados do Nordeste, além do norte de Minas Gerais e do noroeste do Espírito Santo (BRASIL, 2004).

A Convenção Mundial de Combate à Desertificação (CCD), baseando-se no Índice de Aridez da classificação climática de Thorntwaite, classifica as áreas susceptíveis ao processo

de desertificação em três níveis: muito alta, de 0,05 a 0,20 - áreas áridas; alta, entre 0,21 e 0,50 - áreas semiáridas; e moderada, entre 0,51 e 0,65 - áreas subúmidas secas. O Estado de Sergipe, segundo a UNCCD (1997) *apud* SEMARH (2010), é considerado área frágil com três zonas: **1)** Uma estreita faixa litorânea sem riscos de desertificação; **2)** Uma faixa central abrangendo todo o Estado de Norte a Sul, com riscos de ocorrência do processo de desertificação; **3)** Uma faixa do sertão semiárida, com riscos elevados de desertificação.

Os estudos oficiais consideram que em Sergipe existe uma área ao Noroeste com alto risco de desertificação, e uma porção ao Sudoeste que apresenta risco moderado ao desencadeamento do processo, onde ficam localizados, respectivamente os municípios pesquisados, a saber: Canindé de São Francisco e Poço Verde. Porém, tal constatação baseia-se em pesquisas que em sua maioria são projetados para grandes escalas, ancorando-se, sobretudo em dados secundários que não conotam as particularidades da área de estudo. Contrariando a perspectiva da desertificação ecológica associada ao uso intensivo do solo, estudos do Ministério do Meio Ambiente sobrepõem a variável climática aos demais vetores de degradação ligados às particularidades dos sistemas ambientais locais.

No estado de Sergipe, como exceção a essa perspectiva generalista, temos a pesquisa de Oliveira (2017), que analisa as transformações socioambientais no Alto Sertão de Sergipe e suas relações com a desertificação, associando os subsistemas natureza e sociedade, a partir da perspectiva socioambiental. Todavia, a autora foca na região Noroeste de Sergipe, ficando a região sudoeste com uma lacuna quanto à pesquisa na escala de detalhe. Ademais, as análises existentes não contemplam projeções de modificações nos cenários ambientais, sejam decorrentes das alterações no uso da terra, ou até mudanças no clima associadas à expansão da semiaridez em cenários futuros.

Portanto, a escolha dos municípios de Canindé de São Francisco e Poço Verde como área de estudo é justificada pela carência de pesquisas que contemplem uma análise das particularidades geoambientais em escala de detalhe, tendo em vista a necessidade de abordagens que integrem as visões diagnóstica e prognóstica. Apesar de estarem localizados na mesma zona climática (semiárido sergipano), os municípios pesquisados possuem singularidades marcantes nos vetores socioeconômicos com elevado potencial de degradação e consequente desertificação ecológica das áreas, o que traduz distintos cenários de desenvolvimento e degradação associado ao vetor antropogênico dentro do macroambiente.

Por conseguinte, o contexto da pesquisa despertou alguns questionamentos, que

nortearam a elaboração da tese: qual a relação entre processo de uso e ocupação dos municípios de Poço Verde e Canindé de São Francisco, e o avanço/recuo das áreas desertificadas? Qual a importância dos indicadores biofísicos para na elaboração/projeção de cenários de risco à desertificação? As derivações antropogênicas são as principais responsáveis pelo risco da desertificação na área de estudo? Qual o papel da dinâmica climática no processo de desertificação nos municípios analisados? A desertificação ecológica é o principal vetor na região estudada?

Nesse sentido, a presente tese parte da hipótese de que, apesar da importância da configuração climática, a desertificação ecológica é predominante nos municípios de Canindé de São Francisco e Poço Verde, especialmente nesse último. Ademais, um cenário de mudança climática, com aumento da semiaridez poderá intensificar o processo, formatando um novo panorama de degradação nos referidos municípios. Portanto, estudos mais detalhados que analisem a complexidade das interações entre os indicadores biofísicos associados ao uso do solo contribuirão com diagnósticos e prognósticos de ampliação dos cenários de alto risco à desertificação em escala de detalhe, trazendo novas interpretações acerca desse processo de degradação em território sergipano.

Portanto, a presente tese tem como objetivo geral analisar os cenários de risco à desertificação nos municípios de Canindé de São Francisco e Poço Verde, no semiárido Sergipano, no período de 2018 e 2050 (presente e futuro).

Com base no objetivo geral foram traçados os seguintes objetivos específicos.

- ✓ Analisar o processo histórico de uso e ocupação da área de estudo, e suas relações com o processo de desertificação;
- ✓ Estimar os indicadores biofísicos de desertificação (albedo, temperatura da superfície, emissividade, fluxo de calor no solo, NDVI e PNE);
- ✓ Aplicar um modelo capaz de identificar áreas com diferentes níveis de risco de desertificação na área de estudo;
- ✓ Simular cenários de risco potencial de desertificação para o clima atual (2018), e cenários para o clima futuro (2050).

Do ponto de vista estrutural, a tese foi organizada em quatro capítulos, além de uma introdução e conclusões. A introdução apresentou o tema pesquisado, objeto de estudo, os problemas de pesquisa, a justificativa e os objetivos da tese.

No primeiro capítulo foi realizada uma fundamentação teórica sobre os principais conceitos e teorias discutidos e problematizados na tese, a saber: a análise da paisagem a partir da perspectiva geossistêmica na Geografia, as relações entre a degradação ambiental ao processo de desertificação, as particularidades do processo de desertificação no semiárido brasileiro, o uso de biondicadores nas pesquisas sobre desertificação, a análise de cenários ambientais, concluindo com a discussão sobre a modelagem Ambiental aplicada ao processo de desertificação.

O segundo capítulo tratou da contextualização do cenário de pesquisa, destacando as características associadas ao processo histórico de formação territorial, a dinâmica socioeconômica e os aspectos da fisiografia da paisagem.

No terceiro capítulo apresentamos os caminhos da pesquisa, destacando o método de abordagem, os procedimentos operacionais e a metodologia para análise do processo de modelagem do risco à desertificação.

O quarto capítulo destaca os cenários de degradação biofísica. Nessa seção são analisados o uso e ocupação do solo na área de estudo e suas correlações iniciais com o processo de desertificação e a modelagem de parâmetros biofísicos do risco à desertificação. Ademais, esse capítulo destaca os resultados dos cenários atual e futuro de risco à desertificação no semiárido sergipano, nos municípios de Canindé de São Francisco e Poço Verde.

Nas conclusões, foram retomadas as questões problematizadas na tese, destacando os principais vetores responsáveis pela ampliação do risco ao processo de desertificação, além de apontamentos acerca da contribuição que esses estudos podem gerar para o processo de ordenamento do território e consequente mitigação das vulnerabilidades sociais.

Ademais, destaca-se a importância da aplicação de geotecnologias e técnicas de sensoriamento remoto em imagens orbitais para análise dos componentes biofísicos e as consequentes configurações dos cenários de risco à desertificação frente às mudanças no clima e uso do solo.

Capítulo I:

Fundamentação

Teórica

1-CAPÍTULO I: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1 Análise da Paisagem: a perspectiva geossistêmica na Geografia

O desenvolvimento das técnicas, atrelado a aceleração dos movimentos no espaço e no tempo, trouxe novas dinâmicas para a relação sociedade-natureza, suscitando outras formas de compreensão da realidade a partir de uma visão holística, haja vista a limitação da visão cartesiana/fragmentada em apreender os problemas da modernidade. Nesse sentido, atrelada a essa ideia de complexidade surge o paradigma sistêmico, que embasa as novas concepções acerca da paisagem.

O pensamento sistêmico possui uma concepção holística oposta à abordagem cartesiana, que divide o todo em partes e as estuda em separado. Essa concepção estuda o todo sem dividi-lo ou reduzi-lo às partes menores, ou seja, examina-o de modo sistêmico. As propriedades das partes podem ser entendidas apenas a partir da organização do todo (SARTORI, 2005).

Assim, ao estudar a paisagem a partir de uma visão sistêmica, de acordo com Rodrigues e Silva (2013), devem ser analisados os aspectos como, identificar as interações que conectam os vários componentes de cada sistema, estabelecer a organização interna, analisar os processos que organizam os objetos, estudar as regras de funcionamento e desenvolvimento, identificar as trocas com o meio ambiente, estabelecer a durabilidade e identidade do objeto, analisar a capacidade do objeto variar por si mesmo e de se adaptar, identificar alternativas do objeto se transformar, eventualmente, as formas de desorganização e desaparecimento.

Nesse sentido, o desenvolvimento das ideias e conceitos acerca da paisagem atrela-se ao desenvolvimento da ciência, e de suas respectivas teorias e métodos. Deste modo, tanto dentro da ciência geográfica, como noutras ciências, a análise a paisagem foi fortemente influenciada pelos paradigmas científicos, indo desde as concepções separativas cartesianas, até a compreensão sistêmica atrelada a complexidade, onde a análise busca contemplar a sociedade e sua relação com a natureza, numa perspectiva sistêmica.

Portanto, as concepções filosóficas de ciência e as concepções de natureza influenciaram fortemente a formulação dos estudos sobre paisagem, e consequentemente sua consolidação como categoria analítica. Nesse contexto, pode-se destacar as visões de natureza,

desde a sua compreensão como simples recurso, onde o homem é alheio a natureza, até a concepção contemporânea de que o homem também é natureza.

Historicamente, na Geografia, a paisagem se apresentou como importante categoria de análise do espaço geográfico. Contudo, sua conceituação nem sempre apresentou uma compreensão conjuntiva do ambiente, de modo a apreender a análise entre natureza e sociedade de modo integrado. As concepções de paisagem na Geografia vinculam-se aos contextos históricos e, por conseguinte aos paradigmas da ciência geográfica.

A temática relativa ao conceito de paisagem e seu tratamento na Geografia, acumula ao longo dos tempos uma série de polêmicas envolvendo uma enorme diversidade de conteúdos e significados. De acordo com o autor, esta elasticidade demonstra, na realidade, complexificação do conceito, em função de como o mesmo foi tratado pelas várias correntes na Geografia, moldadas cada qual em um determinado contexto histórico e cultural (VITTE, 2007, p.72).

A ideia de ter uma visão totalizadora das interações da Natureza com a Sociedade no mundo acadêmico começou no final do século XVIII e princípio do século XIX, com os trabalhos de Kant, Humboldt e Ritter (RODRIGUEZ; SILVA, 2002).

De acordo com Conceição e Souza (2012), é no século XIX, com a escola germânica, que há o surgimento das primeiras ideias e definições acerca da paisagem. É com os trabalhos de naturalistas alemães que se estabelecem as formulações do conceito de paisagem como significado científico. Alexander Von Humboldt destaca-se como um dos precursores no desenvolvimento de uma noção de paisagem, apresentando de forma coerente uma abordagem descritiva e morfológica da estrutura da superfície terrestre, com ênfase nas relações entre elementos físicos e na fisionomia e funcionalidade da natureza.

Na escola alemã da paisagem, segundo Oliveira e Melo e Souza (2012), além de Humboldt, outros naturalistas como Ferdinand Von Richthofen, Sigfrid Passarge, Alfred Hettner e Carl Troll, contribuíram com bases teóricas para o desenvolvimento dos estudos sobre a paisagem.

Ferdinand Von Richthofen, discípulo de Humboldt, apresenta no século XX “a visão da superfície terrestre como a interseção das diferentes esferas: litosfera, atmosfera, hidrosfera e biosfera e ajuda a compreender as interconexões em qualquer setor da mesma”. Sigfrid Passarge através dos seus estudos realizados no continente africano é considerado o primeiro autor a publicar um livro sobre paisagem (*Grundlagem der Landschaftskunde*, 1919/1920), seus estudos consideram o caráter global e integrado da paisagem. Alfred Hettner, preocupando-se com questões metodológicas contribui através da

busca pela globalidade total da paisagem por meio da inclusão do homem no sistema, face à interrelação dos fenômenos naturais com os humanos. Já Carl Troll, geógrafo e ecólogo, foi quem aproximou a paisagem das concepções da Ecologia introduzindo o conceito de Ecologia de Paisagem em 1938 descrita como uma nova disciplina resultante da interseção da Geografia Física e a Ecologia que contempla uma perspectiva espacial, geográfica, para entender os fenômenos naturais complexos (OLIVEIRA; MELO E SOUZA, 2012, p. 161).

Contudo, foi a partir da segunda metade do século XX que a análise sistêmica foi introduzida veementemente nos estudos da paisagem em Geografia, originando as contribuições da análise geossistêmica.

Nos anos 50 do século XX, o biólogo Ludwing Von Bertalanffy propôs e fundamentou a Teoria Geral dos Sistemas (TGS), aplicando tal teoria aos organismos vivos. Esta teoria influenciou diversos trabalhos dentro das ciências biológicas e naturais. Posteriormente, Arthut Tansley baseando-se nos pressupostos de Bertalanffy, desenvolveu o conceito de ecossistema, considerando a relação entre os organismos vivos com o entorno em uma determinada organização, tendo uma visão estritamente funcional (RODRIGUES; SILVA, 2013).

Todavia, foi a partir dos trabalhos de Viktor Borisovich Sotchava que se deu a introdução da TGS nos estudos ambientais realizados por geógrafos, e que a abordagem sistêmica tomou vulto na Geografia, passando a integrar a perspectiva de análise geossistêmica.

Assim, dentro da ciência geográfica, representando a escola Russa, o geógrafo V.B Sotchava imprimiu notoriedade a Teoria Geral dos Sistemas com proposta de aplicação da mesma nos sistemas geográficos. Sotchava publicou em 1979 um livro denominado: Introdução à Teoria dos Geossistemas, onde expõe plenamente sua conceituação sobre o que seriam os geossistemas (RODRIGUES; SILVA, 2013).

O conceito geossistêmico foi criado no bojo da escola soviética pelo russo Sotchava, que fundou o conceito ligado as experiências desenvolvidas na região Siberiana – Rússia, que entendia geossistema como “uma classe peculiar de sistemas dinâmicos abertos e hierarquicamente organizados” (ROSS, 2006, p. 24).

Rodrigues e Silva (2013) avaliam que um elemento essencial na teoria geossistêmica desenvolvida por Sotchava foi considerar os espaços ou paisagens naturais (também conhecidos como complexos territoriais naturais) como geossistemas. Para os referidos autores, a proposta de Sotchava é uma interpretação sistêmica do conceito de paisagem, é um

alto cognitivo que respondeu uma demanda social, pois além de comportar uma fase de identificação, classificação e mapeamento das unidades, respondem a necessidade de informação sobre a organização espacial da natureza.

Tal abordagem comporta também a fase sistêmica de identificação da estrutura, função, dinâmica e evolução dos geossistemas, avaliando a capacidade das paisagens naturais resistirem aos impactos humanos. Contudo, a ação antrópica não estava no centro do sistema.

De acordo com Oliveira e Melo e Souza (2012), no tocante a definição de Sotchava para geossistema, alguns autores tecem críticas principalmente quanto à metodologia de classificação das paisagens naturais adotada, que se utiliza de escalas de grande magnitude, o que dificultaria a associação com a escalas socioeconômica.

Nesse sentido, segundo Pissinatti; Archela (2009), Bertrand otimiza o conceito de geossistema, incluindo a variável da ação antrópica no centro do geossistema, tornando-a uma perspectiva mais integradora.

No tocante a escola francesa, os trabalhos do biogeógrafo George Bertrand e do geomorfólogo Jean Tricart, tiveram grande influência nos estudos sobre a paisagem. A partir da década de 1960, a concepção sistêmica é adotada na França e os estudos desses dois autores se destacam como os mais característicos da produção recente da Geografia Física, a partir do estabelecimento de abordagens e propostas teórico-metodológicas próprias, bastante úteis para classificação da paisagem (OLIVEIRA; MELO E SOUZA, 2012).

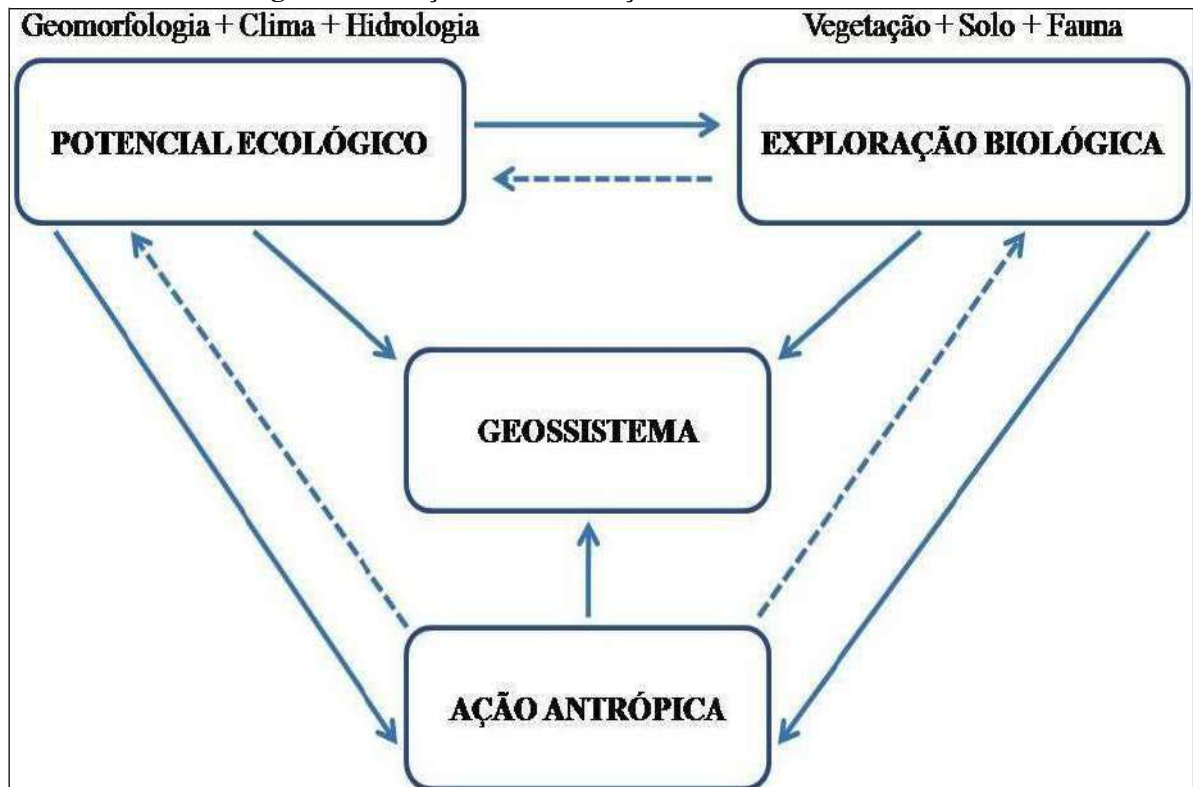
Deste modo, a paisagem não é considerada como um produto da natureza *per si*, mas um complexo vivo, resultante da inter-relação dos meios, natural e social.

Portanto, segundo Bertrand, (1972, p. 141):

A paisagem não é a simples adição de elementos geográficos disparatados. É, em uma determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução.

Bertrand (1972) em sua ideia de geossistema/sistema geográfico, considera a geomorfologia, o clima e a hidrografia como componentes do potencial ecológico, enquanto a vegetação, a fauna e o solo seriam os componentes da exploração biológica. A essa organização estrutural do geossistema ainda teríamos a ação antrópica como intermediador das relações entre potencial ecológico e exploração biológica.

Figura 1- Esboço de uma definição teórica de Geossistema.



Fonte: Bertrand, (1972).

Segundo Ross (2006, p. 29) o suporte teórico de geossistema, tanto para os russo - soviéticos como para os franceses, está na noção da paisagem ecológica, introduzida por Troll a partir do final da década de 1930 e na ampliação do termo e conceito de ecossistema de Tansley em 1935, que se desenvolveram nas décadas de 1940/1950 e alavancaram a Geografia Física dos russos e franceses nas décadas seguintes.

No Brasil, a perspectiva geossistêmica, sobretudo baseada nos pressupostos Bertrandianos, assume notoriedade nos estudos de geografia física na década de 70 do século XX. Autores como, Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, Antônio Christofolletti, Jurandyr Ross, Helmut Troppmair, e mais contemporaneamente, Messias Modesto dos Passos, assumem destaque na aplicação dessa teoria.

Christofolletti (1986, p. 87) salienta que “a Geografia Física não deve estudar os componentes da natureza por si mesmos, mas investigar a unidade resultante da integração e as conexões existentes nesse conjunto”.

Ainda nesse sentido, Christofolletti (1989, p. 2006) assevera que,

Embora o geossistema seja composto por elementos topográficos,

biogeográficos, hidrológicos, pedológicos e dinamizado pelos fluxos climáticos, a análise do geossistema processa-se num nível estruturado de grandeza hierárquica, que não se confunde com o campo de ação da Geomorfologia, da Climatologia, da Pedologia, da Hidrologia e da Biogeografia. A organização do conjunto não representa a simples somatória das partes constituintes. A esse âmbito do meio natural deve-se inserir a ação e os fluxos relacionados com as atividades humanas, cuja inserção torna-se participativa tanto nas características como na dinâmica do meio ambiente.

Dentro da seara de eminentes geógrafos adeptos a teoria geossistêmica, MONTEIRO assume destaque como um dos maiores disseminadores e formuladores do conceito de geossistema no Brasil. Monteiro (2000, p. 81) assevera que,

O geossistema “visa a integração das variáveis “naturais” e “antrópicas” (etapa análise), fundindo “recursos”, “usos” e “problemas” configurados (etapa integração) em “unidades homogêneas” assumindo papel primordial na estrutura espacial (etapa síntese) que conduz ao esclarecimento do estado real da qualidade do ambiente (etapa aplicação) do “diagnóstico”.

Monteiro (op.cit) executou diversas pesquisas dentro da perspectiva geossistêmica, dentre esses trabalhos destaca-se o projeto Qualidade Ambiental no Recôncavo Baiano (1983-1987). Nesse trabalho o autor busca caracterizar a qualidade ambiental, um dos trabalhos pioneiros dessa temática no Brasil. Foi adotada uma divisão do tratamento geossistêmico em quatro etapas: análise que visa a integração das variáveis naturais e antrópicas; a integração dos usos e problemas em unidades homogêneas; síntese que assume um papel primordial na estrutura espacial, identificando o estado real da qualidade do ambiente; e, na quarta etapa, a aplicação do diagnóstico (MONTEIRO,2000).

Na consolidação do paradigma ambiental, no qual o conceito de sistema é um elemento-chave, a noção de geossistema constitui a categoria central, porque permite distinguir a natureza como uma totalidade essencial (MONTEIRO, 2000).

A visão da paisagem ancorada na perspectiva geossistêmica apresenta-se como arcabouço metodológico para o estudo dos sistemas ambientais derivados pela ação humana. A integração entre cartografia, geoprocessamento potencializam o mapeamento das paisagens, possibilitando assim uma maior correlação entre os elementos do sistema paisagístico.

Portanto, tendo em vista os diversos arranjos paisagísticos da caatinga sergipana, e o alto grau de derivação neste ambiente, com destaque para o processo de degradação/desertificação, fazem-se necessários estudos acerca dos arranjos paisagísticos na

região semiárida, podendo assim projetar cenários de uso e degradação que subsidiem o planejamento desse domínio de natureza.

1.2 Da degradação ambiental ao processo de desertificação

Atualmente a degradação ambiental está fortemente ligada a fatores de uso e ocupação do solo, uma vez que as formas de ocupação e manejo ocasionam o tipo e o grau de impacto, o qual atinge de maneira diferente o ambiente, seja o solo, o ar ou a água (NOGUEIRA DE SOUZA, 2003).

Lima e Roncaglio (2001) afirmam que a expressão degradação ambiental qualifica os processos resultantes dos danos ao meio ambiente qualquer lesão ao meio ambiente causada por ação de pessoa, seja ela física ou jurídica, de direito público ou privado, pelos quais se perdem ou se reduzem algumas de suas propriedades, tais como a qualidade ou a capacidade produtiva dos recursos ambientais.

Nesse sentido, a degradação ambiental é mais ampla que a degradação dos solos, pois envolve não só a erosão dos solos, mas também a extinção de espécies vegetais e animais, a poluição de nascentes, rios, lagos e baías, o assoreamento e outros impactos prejudiciais ao meio ambiente e ao próprio homem (GUERRA, 1998).

Embora a degradação dos solos não seja a única forma de degradação ambiental, os processos associados à perda do potencial produtivo dos solos são os principais responsáveis pela problemática da degradação ambiental em todo mundo. Resultando, sobretudo de ações predatórias sobre os recursos naturais.

Guerra (2014) salienta que a perda de solo não quer dizer necessariamente que a terra desapareça, embora localmente isso possa acontecer, devido a transformação marinha, ou erosão de áreas costeiras. Normalmente significa a deterioração das suas propriedades químicas e físicas, de modo que o solo deixa de ser produtivo.

De acordo com Araujo et al. (2013), a degradação das terras envolve a redução dos potenciais recursos renováveis por uma combinação de processos agindo sobre a terra. Tal redução tem levado ao abandono da terra (como, por exemplo, partes do Saara que eram habitadas até 6.000 anos), e pode ocorrer por processos naturais, tais como o ressecamento do clima atmosférico, processos naturais de erosão, alguns outros de formação do solo ou uma invasão de plantas ou animais nocivos. Pode ocorrer também por ações antrópicas diretamente

sobre o terreno.

Segundo Araujo et al. (2013), a degradação ambiental pode ser proveniente, por exemplo, das condições atmosféricas adversas que vem sendo introduzidas pelo homem, provocando uma mudança no clima, em suas diversas escalas. Ou pode ser proveniente da própria cobertura vegetal e da população animal (densidade e diversidade), por meio da ação direta do homem e agravada por períodos de seca, de natureza mais ou menos cíclica (Sahel, sudeste da África e nordeste do Brasil).

Para Guerra (2014), diversos são os fatores causadores da degradação do solo, atuando de forma direta ou indireta, mas quase sempre a grande maioria das terras degradadas inicia esse processo com o desmatamento, que pode ser seguido por diversas formas de ocupação desordenada, como: o corte de taludes para a construção de casas, rodovias e ferrovias, agricultura, com o uso de queimada, vários tipos de mineração, irrigação excessiva, crescimento desordenado das cidades, superpastoreio, uso do solo para vários tipos de despejos industriais e domésticos, sem tratamento da que recebe esses despejos; enfim de uma forma ou de outra, os solos tornam-se degradados, sendo muito difícil ou até impossível sua recuperação.

O processo de degradação ambiental apresenta diferentes formas, porém a mais conhecida é a erosão dos solos. A erosão dos solos causa uma grande perda da camada superficial do solo, recurso vital ao desenvolvimento da agricultura. Em contrapartida, a formação dos horizontes superficiais do solo é demorada.

De acordo com Fellen e Catt (2004), a degradação dos solos cobre uma série de processos complexos, que incluem erosão (tanto pela água como pelo vento), a expansão das condições ligadas aos desertos (chamada de desertificação), o movimentos de massa, a contaminação dos solos, como por exemplo a acidificação e a salinização.

Para Araujo et al. (2013), a degradação das condições do solo é muito mais séria, no sentido de que não é facilmente reversível, uma vez que processos de formação e regeneração do solo são muito lentos.

De acordo com Rocha (1997), a possibilidade de degradação ambiental está diretamente relacionada aos conflitos verificados em uma dada área. O uso indiscriminado dos recursos naturais associado aos conflitos figura entre os maiores responsáveis pelas erosões, assoreamento de rios, barragens e açudes, enchentes e efeitos decorrentes de estiagens.

Araujo et al. (2013), destacam que geralmente, quando o clima e as atividades humanas

se combinam tornando um solo anteriormente sadio em área devastada, a degradação aparentemente é irreversível, como é o caso do processo de desertificação.

O conceito de degradação das terras se refere à deterioração ou perda total da capacidade dos solos para o uso presente e futuro (FAO, 1980). Segundo Araujo et al. (2013), tais perdas ocorrem principalmente por causa das principais formas de erosão (pelo vento e pela água) e das deteriorações químicas e física.

No que diz respeito a erosão, a forma mais comum é a perda da camada superficial do solo pela ação da água e/ou do vento. O escoamento superficial da água carrega a camada superficial do solo; isso ocorre sob a maioria das condições físicas e climáticas. A perda dessa camada do solo reduz a fertilidade porque: conforme o solo se torna mais fino, fica menos penetrável às raízes pode se tornar superficial demais a elas; reduz-se a capacidade do solo de reter a água e torná-la disponível às plantas, e os nutrientes para as plantas são levadas com as partículas erodidas. Outra forma mais extrema de erosão é a deformação do terreno, causada por ravinas e voçorocas (ARAUJO et al., 2013).

Assim, a degradação ambiental pode ser conceituada como qualquer alteração adversa dos processos, funções ou componentes ambientais, ou como uma alteração adversa da qualidade ambiental. Portanto, a degradação ambiental corresponde a um impacto ambiental negativo (SÁNCHEZ, 2008).

Portanto, tendo em vista o impacto negativo associado às modalidades de degradação ambiental, pode-se destacar que outro tipo de degradação é a deterioração química dos solos, que pode consistir em perda de nutrientes do solo (principalmente nitrogênio, fósforo e potássio) ou de matéria orgânica. Tais nutrientes se perdem em grande parte devido à erosão. Dentro dessa modalidade, a salinização ou concentração de sais nas camadas superiores do solo também apresenta considerável contribuição. Esse tipo de desgaste do solo ocorre devido: manejo mal realizado da irrigação ou pela alta concentração de sais na água de irrigação, ou atenção indevida a drenagem, levando a rápida salinização dos solos, especialmente em regiões áridas, onde as taxas de evaporação estimulam esse processo (ARAUJO et al., 2013).

Dentro da deterioração física, são três os tipos de processos mais conhecidos, a saber, compactação do solo, frequentemente resultante do uso de máquinas pesadas em solos instáveis ou pisoteio do gado; selamento e encrostamento, geralmente causado pelo impacto das gotas da chuva. Nessa tipologia, enquadra-se a elevação do lençol freático até a zona radicular das plantas, causada pela entrada excessiva de água em relação a capacidade de

drenagem do solo, sendo típico em áreas irrigadas, e a subsidência, que é o rebaixamento da superfície da terra, dos solos orgânicos, que podem ser causados pela drenagem e oxidação (ARAUJO et al., 2013).

Outro tipo de degradação ambiental é o processo de desertificação. Embora apresente processos iguais à degradação ambiental, a desertificação distingue-se por ocorrer em áreas de escassez hídrica, que dificultam a regeneração dos sistemas ambientais. Apesar de ser um processo de degradação ambiental, a desertificação apresenta impactos com pouca probabilidade de recuperação, é o aspecto extremo da degradação ambiental.

Stipp (2006) afirma que em áreas onde o solo foi degradado, se não forem adotadas medidas que eliminem as causas dessa degradação pode tornar-se desertificado, isto é, ter a sua fertilidade exaurida, além de perder a capacidade de retenção de água indispensável ao desenvolvimento da vegetação.

Os fatores causadores da degradação do solo apresentam diferentes funções, alguns causam a degradação direta; outros simplesmente permitem a ação do anterior. Por exemplo, no caso a erosão, a causa direta é a ação da água ou do vento. Essa ação é possível por uma série de condições tanto antrópicas (desmatamento, corte de encostas, etc.) quanto naturais (declividade, textura do solo, etc.).

Nesse sentido, os fatores causadores relacionados as atividades humanas podem ser classificados em cinco grandes categorias: Desmatamento para agricultura ou pastagens em grande escala; Superpastoreio (destrói a cobertura do solo, causa compactação e acelera a invasão de espécies arbustivas indesejáveis); Atividades agrícolas, o manejo inadequado da terra inclui o cultivo de solos frágeis, pousio reduzido, uso indiscriminado do fogo, práticas essas que resultam na exportação de nutrientes do solo; Superexploração da vegetação para uso doméstico (uso da vegetação como combustível, cercas, etc, onde a vegetação remanescente não fornece mais proteção suficiente contra a erosão do solo); e atividades industriais que causam poluição (ARAUJO et al., 2013) .

Além dos fatores supracitados, a pressão da população sobre os recursos, e os níveis tecnológicos atuam na aceleração da degradação ambiental. Enquanto a população de alguns países cresceu vertiginosamente, os níveis tecnológicos de tais nações continuaram estagnados, aumentando assim as pressões sobre os recursos naturais.

Se as propriedades menores ocupam as áreas marginais, mais vulneráveis, como encostas íngremes ou solos menos férteis, com necessidade de pousios mais longos ou

adubação, tais áreas não somente serão desnecessariamente colonizadas, mas também serão provavelmente superexploradas, já que seus ocupantes não podem se dar ao luxo de evitar o uso de recursos naturais. Os respectivos pesos da pressão demográfica e da injustiça social, causando a fragmentação da terra, variam de local para local, certamente ambos os aspectos são disseminados por todo o mundo (ARAUJO et al., 2013, p. 46).

Ademais, segundo Guerra (1998), a degradação ambiental é, por definição, um problema social. Portanto, um problema que compete a todas as pessoas que compõem a sociedade o tratarem de maneira ética, séria e com comprometimento social, com o intuito de promover a melhoria da qualidade de vida das populações.

Numa perspectiva sistêmica Apolinário (2014), destaca que várias são as formas de degradação, sendo que esta não atinge apenas um elemento da paisagem (geologia, geomorfologia, solos, vegetação, hidrografia, fauna), pois todos esses elementos estão interconectados uns com os outros, formando um único sistema aberto, ligado por fluxos de energia e matéria presentes no meio ambiente.

Assim, conjugados aos níveis tecnológicos, a estrutura agrária e a pobreza contribuem para o agravamento da degradação ambiental. A injusta distribuição das terras, que condiciona a utilização de pequenas parcelas de terras, muitas vezes localizadas em áreas ambientalmente mais frágeis, com solos com restrições de fertilidade, pelos pequenos produtores favorece uma maior superexploração e deterioração dos solos e, por conseguinte, torna essa população mais vulnerável as consequências da degradação ambiental, em especial ao processo de desertificação.

Apesar da definição oficial da desertificação, outros conceitos associados a essa problemática como a seca, deserto, desertificação e arenização geram muita controvérsia, haja vista a infinidade de classificações pelas diferentes áreas do conhecimento que a utilizam. Portanto, faz-se necessária a distinção entre os termos, bem como definição que será adotada na presente pesquisa.

A noção de seca está associada ao fato de a vegetação cultivada ou nativa de um determinado lugar não atingir o estágio de maturidade por serem as chuvas tardias ou insuficientes. Embora muitas vezes os totais de chuvas estejam compatíveis com as médias normais pluviométricas, a forma e a distribuição das chuvas podem conduzir à não maturação da vegetação, o que liga a concepção de seca a quantidade de água da chuva útil ao desenvolvimento da vegetação (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Campos e Studart (2001) afirmam que o conceito de seca está intimamente relacionado ao ponto de vista do observador. Embora a causa primária das secas resida na insuficiência ou na irregularidade das precipitações pluviais, existe uma sequência de causas e efeitos na qual o efeito mais próximo de uma seca torna-se a causa de um outro efeito e esse efeito passa a ser denominado também de seca.

Segundo Conti (2008), apesar de arbitrário, o conceito de seca indica uma prolongada falta de chuvas, que poderia se estender por dois ou três anos. Não há, porém, consenso sobre os critérios para se definir mês seco, situando-se a polêmica em torno de três referenciais principais: quantidade de chuva (KÖPPEN, 1948), na relação entre esta e a temperatura (BAGNOULS; GAUSSEN, 1957) e ao balanço hídrico do solo (THORNTHWAITE, 1948), aos quais se poderiam acrescentar indicadores qualitativos.

De acordo com Conti (2008), tais autores classificaram a seca segundo diferentes critérios, a saber:

Köppen definiu esse limite para alguns de seus tipos climáticos, por exemplo, 60 mm para o tipo Aw (tropical chuvoso ou clima das florestas pluviais) e 30 mm relativo ao Cs (mesotérmico úmido, com verão seco ou mediterrâneo). Bagnouls e Gaussen estabeleceram como mês seco aquele cujo total de precipitação, em milímetros, seria igual ou inferior ao dobro da temperatura média mensal, expressa em graus Celsius, e Thornthwaite, por meio da relação precipitação/temperatura, a existência de meses com deficiência e excedente hídrico (CONTI, 2008, p. 41).

Para Ayoade (2010), apesar de haver várias definições para o termo seca, concorda-se que esta pode ocorrer sempre que o suprimento de umidade das precipitações ou de água armazenada no solo seja insuficiente para atender as necessidades hídricas ótimas das plantas, ocasionando graves problemas sociais e econômicos.

Desse modo, o termo “seca” acarreta ausência de precipitação significativa por um período suficientemente longo para causar déficits de umidade no solo por evapotranspiração e reduções no fluxo dos córregos, atrapalhando as atividades biológicas e humanas normais (BARRY; CHORLEY, 2013)

As secas podem ocorrer de diferentes formas, apresentando uma escassez mais severa, ou com maior abrandamento dos períodos secos. Do mesmo modo, pode trazer diferentes consequências, tanto do ponto de vista social como econômico.

Na compreensão de Campos e Stuart (2001) pode-se definir quatro tipos de secas, a

climatológica (causa primária ou elemento que desencadeia o processo), a seca edáfica (efeito da seca climatológica), a seca social (efeito da seca edáfica) e finalmente, a seca hidrológica (efeito dos baixos escoamentos nos cursos d'água e/ou do sobreuso das disponibilidades hídricas).

Nesse sentido, Pinto e Aguiar Netto (2008) apresentam uma classificação para as secas, que pode ser: seca permanente (que ocorre em áreas desérticas e semidesérticas), seca sazonal (que ocorre principalmente em áreas tropicais, pressupõe certa regularidade em sua ocorrência interanual), seca contingente (ocorre quando a chuva deixa de cair num período curto de tempo dentro da estação chuvosa. São características das regiões consideradas úmida e semiúmidas) e seca invisível (pode ocorrer dentro da estação considerada úmida, isto é, as chuvas acontecem, mas, abaixo das necessidades das plantas, consequentemente, as plantas deixam de crescer num índice ótimo seca-verde).

O termo deserto remete à ideia de tipo de clima e supõe um sistema natural adaptado, com características e limites espaciais definidos (CONTI, 2008).

O primeiro indica uma região de clima árido, onde a evaporação potencial excede a precipitação média anual, resultando em carência de água e fraco desenvolvimento da biosfera. A precipitação, além de escassa, apresenta alta variabilidade interanual, característica tanto mais acentuada quanto mais baixos forem seus volumes anuais médios. Os solos caracterizam-se por serem rasos, com acentuada deficiência hídrica e tendência à concentração de sais. A drenagem é intermitente. A cobertura vegetal é esparsa, apresentando predominância de espécies xerófilas e fauna adaptada às condições de escassez de água sendo, nesse sentido, um *clímax* ecológico (CONTI, 2008, p. 42).

Quanto à sua distribuição geográfica, as áreas desérticas relacionam-se com quatro situações bem conhecidas: cinturões de anticiclones subtropicais (em ambos os hemisférios); continentalidade; fachadas ocidentais das latitudes tropicais dos continentes, banhadas por correntes frias, e posições de sotavento (CONTI, 2008).

Teinke (2012) assevera que os desertos são regiões com clima quente e seco, solo formado basicamente de areia, e precipitação anual muito baixa. Tais condições estão associadas as altas pressões atmosféricas conhecidas como altas subtropicais. Nessas regiões o ar realiza um movimento subsidente, este por sua vez é contrário a formação de nuvens, consequentemente à produção de chuva.

Nimer (1988) ressalta que deserto é um fenômeno resultante da evolução de processos

que alcançaram uma certa estabilidade final, isto é, alcançaram uma espécie de equilíbrio homeostático natural, independe da ação consequente ou inconsequente do homem sobre o meio ambiente. É um clímax ecológico atingido.

Nery e Carfan (2013) entendem que a seca é compreendida como a ausência prolongada ou déficit considerável de precipitação. Existem diversos graus de seca que, em ordem de importância decrescente podem assim serem classificados: absoluto, parcial e intervalo ou período de seca. Para esses autores, deserto é uma área com precipitação inferior a 25 mm/ano, solo árido e pouca ou nenhuma vegetação. Desertificação é a transformação de terras cultiváveis em deserto, muitas vezes, devido as atividades humanas que geram a erosão e degradam o solo.

Ao contrário do conceito de deserto, que pressupõe um sistema natural adaptado a aridez, o conceito de desertificação supõe processo e, portanto, dinamismo, estando, frequentemente, associado a períodos secos bastante longos, da ordem de décadas (CONTI, 2008).

Nesse sentido, embora as secas contribuam para o desencadeamento do processo de desertificação, não se pode atribuir-lhe o *status* de vetor da desertificação, pois a condição de aridez, quando não conjugada com a ação humana predatória propicia a regeneração dos sistemas ambientais semiáridos.

De acordo com Stipp (2006), a desertificação começou a ser discutida pela comunidade científica nos anos 30 do século XX, decorrente de um fenômeno ocorrido no meio oeste americano conhecido como Dust Bowl, (bacias de poeiras) onde intensa degradação dos solos afetou uma área de cerca de 380.000 Km² nos estados Oklahoma, Kansas, Novo México e Colorado.

Segundo Conti (1991) a desertificação tem sido descrita como um fenômeno de deterioração do quadro natural, através da progressiva redução da biomassa, ressecamento acentuado do ambiente, elevação da temperatura média e intensificação dos processos erosivos, especialmente os eólicos, podendo ter origem tanto em causas naturais como ser desencadeada pela ação antrópica em regiões submetidas à superexploração dos recursos.

A desertificação tem sido considerada por muitos estudiosos e ambientalistas como um dos mais graves problemas ambientais da atualidade, haja vista seus efeitos de ordem política, econômica, social, cultural e ambiental (BARRO et al., 2008).

Mendonça (1993) assevera que a controvérsia em torno do conceito de Desertificação é

fato bastante conhecido, sendo que a maioria dos estudiosos deste fenômeno o relaciona, sobretudo aos aspectos climáticos das áreas, sendo que estas apresentam tendência ao aquecimento e irregularidade das precipitações; outros fatos também se relaciona ao fenômeno, tais como a redução da cobertura vegetal, rebaixamento do nível piezométrico, erosões, salinização do solo, queda da produtividade agrícola, etc.

Para Goudie (1990) o processo de desertificação é uma alteração na biomassa com deterioração acelerada do solo, responsabilizando as atividades humanas e o fator climático como principais agentes de modificação. Para o referido autor, o excesso de monocultura, o superpastoreio, a salinização e o desmatamento são causas associadas à ocorrência do processo de desertificação.

De acordo com Mendonça e Danni-Oliveira (2007), a palavra desertificação é usada para descrever a degradação de vários tipos de formas de vegetação, incluindo áreas florestadas subúmidas e úmidas, que nada tem a ver com desertos, sejam físicos ou biológicos. Por outro lado, a desertização diz respeito às expressões de paisagens e formas tipicamente desérticas, de área onde isso não ocorria em passado recente; tal processo localiza-se nas margens de desertos sob médias anuais de precipitação entre 100 e 200 mm com limites extremos entre 50 e 300mm.

A desertificação foi um dos primeiros problemas a atraírem a atenção internacional, bem antes dos temas que hoje dominam a agenda ambiental. Trata-se, no entanto, de um conceito muitas vezes enganador. A imagem popular de dunas de areia em expansão encobre muito da essência do problema, que pode estar ocorrendo a milhares de quilômetros de distância dos limites dos desertos (HERACLIO DO REGO, 2012).

Segundo Verdum et al. (2002), no que se refere às bases conceituais do processo denominado de desertificação, duas formulações são consideradas:

- a) a evolução bioclimática que tende a transformar uma região em deserto;
- b) as intervenções da sociedade que aceleram a substituição de uma paisagem vegetal em outra abiótica com uma geodinâmica nova.

Para Barry e Chorley (2013), a definição meteorológica de seca se torna nebulosa com o tema da desertificação. Acredita-se que a remoção da vegetação, que aumenta o albedo superficial e reduz a evapotranspiração, resulte em menor pluviosidade. O problema para os climatologistas é que a desertificação envolve mais degradação da terra como resultado das atividades humanas, especialmente em áreas de savana e estepe ao redor das principais regiões

desérticas.

Heraclio do Rego (2012) salienta que a desertificação e a seca são fenômenos globais, e representam problemas ambientais com impactos sociais e econômicos devastadores. Fazem parte, nesse sentido, de uma agenda global e podem ser comparados a outros fenômenos de dimensão internacional de muito maior repercussão na imprensa, nos foros multilaterais e outros, tais como as mudanças climáticas e a perda da biodiversidade.

Conti (1989) estabelece duas modalidades para o processo de desertificação: a climática e a ecológica. Na modalidade climática a causa é a variabilidade nos padrões climáticos levando a uma deficiência de água no sistema natural. Essas mudanças podem ser resultantes de fenômenos naturais como desencadeadas pela ação antrópica ou, ainda, decorrer da combinação de ambos. Quanto à modalidade ecológica, o autor aponta o crescimento demográfico e a pressão sobre os recursos como geradores de condições semelhantes às dos desertos (Quadro 1).

Quadro 1- Modalidades de Desertificação.

Modalidades	Climática	Ecológica
Conceitos	Diminuição de água no sistema natural.	Criação de condições semelhantes às do Deserto.
Avaliação	Índice de aridez.	Empobrecimento da biomassa.
Indicadores	1- Elevação da temperatura média; 2- Agravamento do déficit hídrico; 3- Aumento do escoamento superficial (torrencialidade); 4- Intensificação da erosão eólica; 5- Redução das precipitações; 6- Aumento da amplitude térmica diária; 7- Diminuição da Umidade Relativa (UR)doar.	1- Desaparecimento de árvores e arbustos; 2- Aumento das espécies espinhosas; 3- Elevação do albedo, ou seja, maior reflectância na faixa do infravermelho; 4- Mineralização do solo com perda de húmus em encostas com mais de 20 graus de inclinação; 5- Forte erosão do manto superficial com formação de voçorocas; 6- Invasão massiva das areias.
Causas	Mudanças nos padrões climáticos.	Crescimento demográfico e pressão sobre os recursos.
Exemplos	Oscilações dos cinturões áridos tropicais durante as glaciações do Quaternário.	1- Desertificação das regiões periféricas do Saara (Sahel); 2- Pontos da desertificação do sul do Brasil (RS, PR).

Fonte: José Bueno Conti (1995).

Associada à modalidade de desertificação ecológica, a arenização enquadra-se também nesse contexto de termos designados aos processos de degradação ambiental. Apesar de apresentar uma dinâmica similar ao processo de desertificação, tal fenômeno se distingue,

sobretudo pela ausência de escassez hídrica em suas áreas de ocorrência.

Suertegaray (1992) ao estudar o processo de degradação ambiental e expansão dos areais, no sudoeste do Rio Grande do Sul, considerou-se inadequado o uso do termo “desertificação”. A autora afirma que a região estudada não apresenta características de aridez, a região tem abundância hídrica, as precipitações médias se situam em torno dos 1400 mm, a região apresenta áreas que se caracterizam pela ausência de cobertura vegetal, constituindo, visualmente, extensas áreas de solo (arenoso) descoberto.

Segundo Conti (2008), a pesquisadora brasileira Dirce Suertegaray propôs, muito apropriadamente, o termo *arenização* para o processo de afloramento e expansão de areias, dinamizado pela ação eólica, presente nos municípios gaúchos de Quareí, Cacequi, Alegrete e Itaqui, todos na região da Campanha (SUERTEGARAY, 1987), de clima úmido, cujas médias anuais de precipitação oscilam entre 1.400 e 1.500 mm anuais.

Para Peres Filho (2003), a arenização é provocada pelo uso inadequado da terra, decorrente da ação do Homem, compreendendo manchas expostas, constituídas de areais (grãos de quartzos), localizadas em diversas áreas do território brasileiro.

De acordo com Suertegaray (1992), a arenização no estado do Rio Grande do Sul, é um processo natural causado pela litologia (arenitos), feições de solos (arenosos), a intensa mobilidade de sedimentos oriundos de chuvas intensas e o escoamento superficial concentrado. Assim, a região apresenta suscetibilidade natural para a ocorrência de processos erosivos, porém são intensificados, devido às práticas inadequadas de uso e manejo do solo.

Destarte, apesar de algumas divergências conceituais, faz-se necessária distinção de tais termos, tendo em vista as particularidades dos processos, e seus específicos modos de enfrentamento. Ademais, deve-se salientar o uso do termo desertificação no presente estudo, pois compreende-se que o mesmo apreende o processo de degradação ambiental em região semiárida.

1.3 O processo de desertificação no semiárido brasileiro

As regiões áridas e semiáridas espalham-se por todos os continentes do globo, ocupando 1/3 de toda a superfície da terra e abrigando cerca de 1/6 de toda a população, sendo estas as áreas mais propícias ao desenvolvimento do processo de desertificação, que consiste na degradação da terra nas zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultante

tanto das variações climáticas, como das derivações antropogênicas.

O termo “Desertificação” foi utilizado pela primeira vez na literatura científica em 1949, na publicação “*Climates Forest et Desertification de L’AfriqueTropicale*” por André Aubreville , francês estudioso dos problemas ambientais na África Tropical e Subtropical, para expressar a regressão da selva equatorial africana pelos usos abusivos, incêndios e roças para a transformação campos de cultivos em pastos, cujos resultados foram à exposição do solo, a erosões hídrica, eólica e conversão de terras biologicamente produtivas em desertos (AUBREVILLE,1949).

O reconhecimento, por parte da comunidade internacional, da existência de processos de desertificação em escala global vem-se constituindo em crucial desafio para todos os países e, em especial, para aqueles em desenvolvimento (MATALLO JUNIOR, 2001).

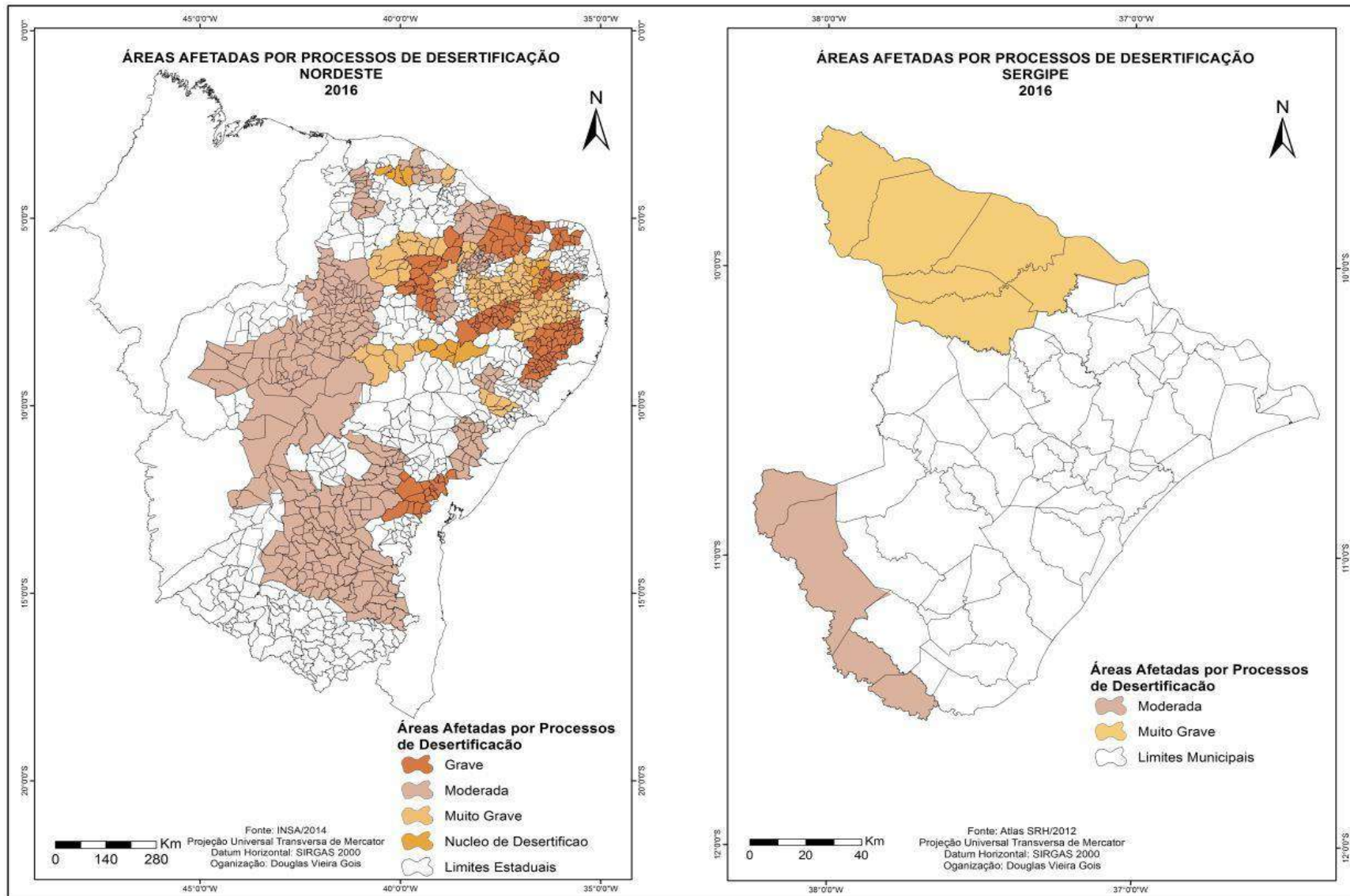
Nesse sentido, para Matallo Junior (2001), tal desafio diz respeito, de um lado, a aspectos práticos com os quais as populações convivem e os governos devem enfrentar enquanto formuladores de políticas públicas e, de outro, com aspectos teóricos e metodológicos da mais alta importância, pois são aspectos que possibilitam a compreensão e dimensionamento do problema para a adequada conscientização dos diferentes atores sociais, para a formulação das políticas públicas e para a tomada de decisões.

Dentre outros países, o Brasil apresenta parte do seu território susceptível à ocorrência desse tipo de fenômeno, tendo em vista a prática de determinados usos do solo em condições de climas secos, presentes num vasto território da Região Nordeste e numa pequena porção da Região Sudeste (figura 2), localizada ao norte do Estado de Minas Gerais e nordeste do Espírito Santo (BRASIL, 2004).

As áreas Susceptíveis à Desertificação – ASD não só englobam espaços climaticamente caracterizados como semiáridos e subúmidos secos, mas também, áreas onde as características ambientais sugerem a ocorrência de processos de degradação tendentes a transformá-las em áreas também sujeitas à desertificação caso não sejam ali adotadas medidas de preservação e conservação ambiental (SOBRINHO, 2005).

O espaço compreendido pelo domínio das caatingas é a área mais afetada pelo desencadeamento dos processos de desertificação dentro do território brasileiro. Segundo Ab’saber (2003) dentre os três espaços semiáridos da América do Sul, a região seca do Nordeste brasileiro é a mais homogênea, tanto do ponto de vista fisiográfico, como ecológico e social.

Figura 2- Áreas afetadas pelos processos de desertificação no Nordeste do Brasil e no estado de Sergipe.



Portanto, tendo em vista o cenário vulnerável dos condicionantes geoambientais do semiárido brasileiro, e os impactos advindos do desencadeamento dos processos de desertificação, tanto do ponto de vista natural, quanto do socioeconômico, como a erosão e perda da fertilidade dos solos, e seus reflexos sobre o desenvolvimento das atividades produtivas da população, a desertificação emergiu como um problema a ser enfrentado pela comunidade nordestina.

Nesse contexto, no Brasil, a preocupação com a problemática da desertificação surgiu com o trabalho de Duque em 1953. O referido autor utilizou o termo “**deserto econômico**”, para tratar dos problemas da miséria e da fome que eram consequências da degradação dos solos da região Nordeste e da perda do seu potencial produtivo (DUQUE, 1953).

Entretanto, a existência dos processos de desertificação no Brasil começou a ser discutida com mais intensidade a partir de 1977, com os trabalhos do professor Vasconcellos Sobrinho. Posteriormente, foram elaborados estudos por diferentes pesquisadores e em vários Estados da Região Nordeste do Brasil, nos anos de 1978 e 1979, trabalhos estes, que foram apoiados pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), (RODRIGUES, 1995).

Na região Nordeste do Brasil, diversos são os trabalhos realizados sobre os processos de desertificação, onde podemos citar: Vasconcelos Sobrinho (1978; 1982), Aziz Ab'saber (1977), Edmon Nimer (1980), Monteiro (1988), Ferreira et al.(1994), Conti (1995), Sales (1998), Freire e Pacheco (2005), Andrade et al.(2007), Souza(2007).

O climatologista Edmon Nimer (1980) publicou junto ao Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), um trabalho pioneiro no zoneamento de áreas predispostas à desertificação no Brasil. Uma rica discussão das questões climáticas relacionadas à desertificação. Baseado em dados climáticos apresenta o Mapa de Zoneamento sistemático de áreas mais predispostas à desertificação.

Segundo Aquino (2010) o referido trabalho de Nimer constitui-se referência nos estudos de desertificação no Brasil, posto seu pioneirismo na elaboração de um mapa com a indicação das áreas mais predispostas a desertificação no Brasil. Para a realização do trabalho, o autor utilizou dados relativos a duração e época de ocorrência dos períodos secos e a variabilidade pluviométrica.

Ferreira et al. (1994) sugeriram 19 indicadores de desertificação a partir de

metodologia proposta por Rodrigues et al. (1992), a saber: densidade demográfica; sistema fundiário; mineração; qualidade da água; salinização; tempo de ocupação; mecanização; estagnação econômica; precarização; erosão; perda de fertilidade do solos; áreas de preservação; defensivos agrícolas; área agrícola; bovinocultura; caprinocultura; ovinocultura; evolução demográfica; e suscetibilidade a desertificação. A presença de um maior número de indicadores evidenciava maior Suscetibilidade a Desertificação a nível de microrregião.

Na Geografia, um dos mais relevantes estudos sobre a desertificação no semiárido nordestino, é o do Ab'Saber (1977). O referido autor, em seu trabalho intitulado como **Problemática da desertificação e da savanização no Brasil Intertropical**, embasado numa perspectiva sistêmica, classificou nove geotopos áridos, a saber: Altos Pelados, Vales e Encostas Secas, Lajedos-Mares de Pedra, *inselbergs* campos de *inselbergs*, áreas de Paleodunas Quaternárias, Áreas de Topografias Runeiformes e Cornijas Rochosas Desnudas com Aridez Rochosas Característica, Áreas de Revolvimento Anômalo da Estrutura Superficial da Paisagem, Malhadas ou Chãos Pedregosos e Áreas Degradadas por Raspagem ou Empréstimo de Terra. Ab'Saber salienta que tais geótopos resultam tanto da predisposição geocológica, como pode ser resultante, ou acentuada, pelas ações antrópicas.

Ab'Saber (1977) define como processos parciais de desertificação, todos aqueles fatos pontuais ou areolares, suficientemente radicais para criar degradações irreversíveis na paisagem e nos tecidos ecológicos naturais. Mesmo reconhecendo que as áreas úmidas e faixas de transição sofreram mais degradação ambiental, é no Nordeste seco que aparecem feições de degradação pontuais facilmente reconhecíveis.

No campo da climatologia, Conti (1995) em sua tese de livre docência defendida junto ao departamento de Geografia da Universidade de São Paulo, intitulada **Desertificação nos Trópicos: Proposta de Metodologia de Estudo aplicada ao Nordeste Brasileiro**, propõe a aplicação da metodologia estatística de estudos das séries temporais, aplicada aos dados de precipitação pluviométrica, com o objetivo de encontrar tendências, ciclicidades e indicadores da variabilidade interanual que indiquem processos de desertificação climática.

Conti (1995) concluiu que há um agravamento da seca, ou seja, diminuição das chuvas nas seguintes áreas: o setor rebaixado do sertão dos Inhamuns (Ceará), no baixo São Francisco (Bahia, Sergipe e Alagoas), na vertente a sotavento da chapada Diamantina (Bahia), e alguns exemplos pontuais em outros Estados.

Nesse estudo, o referido geógrafo inclui em suas análises, algumas séries de dados

climáticos para o estado de Sergipe, concluindo que Itabaiana e Propriá, compõem vértices de um polígono de aproximadamente 20 mil km², localizada na porção deprimida correspondente à bacia média inferior do São Francisco, em cujo interior figuram mais quatro localidades com tendência negativa de precipitação (Curralinho-SE, Mocambo-SE, Traipu-AL e Pão de Açúcar-AL).

Ainda dentro do campo geográfico, embasado numa perspectiva sistêmica, Monteiro (1988) analisa os planaltos secos situados nas divisas entre Ceará, Paraíba e Pernambuco, enfatizando a relação entre o habitante do sertão e seu meio, dividindo a área em sete geossistemas (ou unidades ambientais). De forma distinta, o autor esboça um panorama das relações entre o quadro natural, as atividades socioeconômicas, com todas as implicações políticas envolvidas na questão da desertificação. Para Monteiro, o homem é encarado tanto como vítima, quanto criador do processo de desertificação.

Aquino (2010) assevera que, coube a Sales (1998) o pioneirismo na identificação de unidades geoambientais no Núcleo de Desertificação de Gilbués, área no estado do Piauí indicada pelo Ministério do Meio Ambiente como suscetível à desertificação. A autora (*op.cit.*), em seu trabalho, caracteriza as unidades geoambientais da área de estudo, em seguida apresenta as limitações das mesmas. O referido trabalho, eminentemente geográfico, fornece subsídios para o planejamento ambiental de Gilbués.

Coube a Lombardo e Carvalho (1979), o pioneirismo no trabalho baseado em interpretação de imagens de satélite e integração dos dados geoecológicos para o estudo da desertificação. Com o trabalho intitulado, Análise Preliminar das Potencialidades das Imagens LANDSAT para Estudo de Desertificação, a partir da interpretação visual e digital de imagens de satélite, os autores definiram 11 unidades ambientais e seu grau de risco à desertificação.

Freire e Pacheco (2005) empregando o Índice de Vegetação por diferença Normalizada (NDVI) como um indicador de desertificação, avaliaram a diminuição da cobertura vegetal da caatinga e o avanço do solo exposto na região de Xingó. Constataram um aumento de 91,3% de solo exposto no período de 1989 e 2003, evidenciando assim problemas relacionados à desertificação.

Sousa et al. (2007), a partir do emprego de processamento digital de imagens, avaliaram o processo de degradação/desertificação das terras e as vulnerabilidades do município de Cabaceiras – Paraíba.

Andrade et al. (2007) empregando técnicas de sensoriamento remoto, a partir do emprego do NDVI, identificaram áreas em processo de desertificação no município de Serra Branca – Paraíba.

Atualmente, os estudos sobre desertificação no Nordeste do Brasil, em sua maioria, são desenvolvidos em áreas piloto, localizadas, sobretudo nos estados do Ceará, Pernambuco e Piauí. Contudo, deve-se salientar a vulnerabilidade de outras áreas susceptíveis a tal processo dentro do domínio semiárido brasileiro, haja vista seus quadros geoambientais vulneráveis. Portanto, torna-se importante a realização de estudos sobre a fragilidade ambiental de tais áreas, tendo em vista o impacto da desertificação no desenvolvimento das atividades produtivas da população residente nas áreas por elas afetadas.

No estado de Sergipe, mesmo contendo uma parcela considerável do seu território classificada como de grave risco ao processo de desertificação, o território do Alto Sertão do estado, poucos são os estudos sobre os processos que engendram a degradação de suas terras. A maior parte dos estudos são projetados para grandes escalas, ancorando-se, sobretudo em dados secundários que não conotam as particularidades da área de estudo, gerando assim resultados generalizantes do ponto de vista das particularidades de cada município.

Um dos trabalhos que traz uma visão detalhada e integrada do processo de desertificação no estado de Sergipe é a tese de doutorado de Ribeiro (2017), que analisa as transformações socioambientais no Alto Sertão de Sergipe e suas relações com a desertificação, destacando a região noroeste do estado. Além disso, merece destaque o estudo de Gois (2016), que analisou a suscetibilidade à desertificação no município Poço Redondo à partir de indicadores geoambientais (índices de vegetação (NDVI), tipo de solos, relevo, pluviosidade e uso do solo), tendo destaque para a dinâmica da cobertura vegetal, no período compreendido entre os anos de 1987 a 2015.

Todavia, os estudos existentes não focaram em indicadores biofísicos para a análise das particularidades contexto geoambiental em diferentes regiões do semiárido sergipano, com projeção de mudanças nos cenários ambientais, seja decorrente das mudanças no uso da terra, ou até mudanças no clima associadas à expansão da semiaridez em cenários futuros.

Portanto, a realização de estudos de detalhe, com base em projeções de cenários em distintos ambientes adequadas torna-se imperativo. Nesse contexto, os municípios de Poço Verde e Canindé de São Francisco, localizados no semiárido sergipano, numa área *core* do território susceptível a desertificação em Sergipe, apresentam-se como áreas piloto para o

desenvolvimento de estudos sobre a desertificação.

1.4 Bioindicadores de desertificação

Remonta da antiguidade o interesse humano de recorrer à indicadores para poder entender o estado atual da natureza ou para prognosticar episódios futuros. As sociedades primitivas usaram indicadores como migração sazonal de animais ou período de floração de plantas, ou até a vazão dos rios para obter informações sobre mudanças no ambiente.

Segundo Niemi et al. (2004), o interesse no uso de indicadores ecológicos aumentou nos últimos 40 anos, acompanhando a necessidade crescente do desenvolvimento de estratégias de conservação e restauração dos ecossistemas. Muito provavelmente, tal ampliação no uso de meios para monitorar a condição dos ambientes se deu frente aos intensos impactos advindos das atividades humanas, sobretudo na segunda metade do século XX.

Para Moura et al. (2005), um indicador constitui-se em um instrumento na análise de determinadas realidades, fornecendo informações que possam proporcionar tomadas de decisão visando os aperfeiçoamentos necessários à mesma.

Santos (2004, p. 60) “entende que, de forma geral, pode-se dizer que indicadores são parâmetros, ou funções derivadas deles, que tem a capacidade de descrever um estado ou uma resposta dos fenômenos que ocorrem em uma região”.

Para Melo e Souza (2007), os resultados do monitoramento ambiental devem servir para orientar ações conjuntas – comunidades e gestores – rumo a uma gestão ambiental emancipatória e efetivamente participativa no arcabouço do desenvolvimento local sustentável.

Nesse sentido, tendo em vista o avanço do processo de desertificação, e sua repercussão em caráter mundial, faz-se necessário o estabelecimento de indicadores, tanto físicos como sociais, a fim de acompanhar as modificações impressas na paisagem, e subsidiar ações de combate a esse processo.

Assim, para Aquino (2010) constata-se que as causas e consequências da desertificação são múltiplas e variadas, daí emerge a necessidade de informações que permitam um real dimensionamento, bem como, a distribuição geoespacial das áreas afetadas por esse processo, fato que tem culminado no desenvolvimento de metodologias de

indicadores de desertificação.

Matallo Junior (1999, 2001) afirma que o “sistema de indicadores,” embora que insuficiente, é o único instrumento disponível para a compreensão da desertificação. Considera que o indicador deve refletir algo básico e fundamental, deve também ser quantificável e sensível a mudanças, mostrando tendências ao longo do tempo.

Segundo Matallo Junior (2001), a primeira tentativa de formulação de um sistema de indicadores de desertificação foi patrocinada pelo PNUMA quando do processo de preparação da Conferência de Nairobi, em agosto de 1977. Participaram daquele *workshop* inúmeros pesquisadores de diferentes países, sendo que cada um deles apresentou sua contribuição, que foi sistematizada e serviu de balizamento para a compreensão do tema e os direcionamentos futuros. No entanto não houve um trabalho de ajuste desses indicadores em termos de uma metodologia específica para o assunto.

Uma das primeiras contribuições na construção de indicadores de desertificação no Brasil foi a de Vasconcelos Sobrinho (1978), que listou 34 indicadores de desertificação, que por sua vez foram divididos em seis categorias, a saber: físicos, biológicos, agrícolas, uso da terra, assentamento das populações, biológicos, humanos e de processo pessoal (Quadro 2).

Quadro2-Indicadores de desertificação propostos por Vasconcelos Sobrinho (1978)

Indicadores físicos	Indicadores Biológicos -Agrícolas		Indicadores Sociais			
	Vegetação	Fauna	Uso da Terra	Parâmetros Biológicos-Humanos	Parâmetros de processos sociais	Tipos de assentamento
a) grau de salinização e alcalinização	a) Cobertura vegetal	a) espécies chaves	a) agricultura por irrigação	a) estrutura da população e taxas demográficas	a) conflito	a) assentamento recente
b) profundidade das águas subterrâneas e qualidade da água	b) Biomassa a cima da superfície	b) populações de animais domésticos	b) agricultura de sequeiro	b) índices de nutrição	b) imigração e emigração	b) expansão do assentamento
c) profundidade dos solos	c) espécies chaves: distribuição e frequência	c) composição de rebanhos	c) pastoreio	c) índice de saúde pública	c) Marginalização	c) diversificação do assentamento
d) número de tormentas de pó e de areia		d) produção	d) corte e eliminação da cobertura vegetal para combustível			d) abandono do assentamento
e) presença de crosta no solo			e) mineração			
f) Quantidade de matéria orgânica no solo			f) instalação de turismo e de recreio.			
g) Volume dos sedimentos nas correntes de água						
h) Área de cobertura de vegetação e turbidez das águas superficiais						

Fonte: Vasconcelos Sobrinho (1978).

Matallo Junior (*op.cit.*), visando auxiliar na mensuração do processo de desertificação, propôs uma extensa e criteriosa metodologia que agrupa os indicadores em dois grandes grupos: Indicadores de Situação e Indicadores de Desertificação. Os indicadores de situação são aqueles relacionados a dados climáticos, econômicos e sociais. Os indicadores de desertificação relacionam-se a índices de vegetação, solos e recursos hídricos (Quadro3).

Quadro3-Indicadores de Desertificação propostos por Matallo Júnior (1999 e 2001)

Indicadores de Situação		
Clima	Método	Periodicidade
Precipitação	Coleta em Estações meteorológicas	Diário
Insolação	Coleta em estações meteorológicas	Diário
Evapotranspiração	Coleta em estações meteorológicas	Diário
Sociais		
Estrutura de Idades	Censo demográfico	Decenal
Taxa de Mortalidade Infantil	Censo e Pesquisa hospitalar	A cada 10 anos para o censo e 2anos para a pesquisa hospitalar
Nível Educacional	Pesquisa educacional	Decenal ou quinquenal
Econômico		
Renda Per Capita	Pesquisa amostral domiciliar	A cada 2anos
Uso do Solo Agrícola	Censo Agropecuário	Decenal
Biológicos		
Cobertura Vegetal	Imagens orbitais	A cada 5anos; ou a determinar.
Estratificação da Vegetação	Pesquisa de campo por amostra de território	A determinar
Composição Específica	Pesquisa de campo por amostra de território	A determinar
Espécies Indicadoras	Pesquisa de campo por amostra de território	A determinar
Físicos		
Índice de Erosão	Imagens orbitais	A cada 5anos
Redução de disponibilidade hídrica	Monitoramento hídrico	Anual ou a determinar
Indicadores de Desertificação		
Indicadores Agrícolas	Método	Periodicidade
Uso do solo agrícola	Imagens orbitais	A cada 5anos
Rendimento dos Cultivos	Pesquisa Agrícola	A cada 1 ou 2anos
Rendimento da Pecuária	Coleta de informação sobre a produção animal	A cada 1 ou 2anos
Outro		
Densidade Demográfica	Censo	Decenal

Fonte: Matallo Júnior (1999, 2001).

Abraham e Torres (2007) afirmam que a utilização dos indicadores permite aos países suscetíveis a processos de desertificação avaliar o estado dos recursos, sua tendência de uso e degradação, determinar as possibilidades de introduzir medidas corretivas e de supervisionar as ações empreendidas na luta contra a desertificação.

Quadro 4-Indicadores de Desertificação consensuados em Brasil (2004).

Indicadores de desertificação consensuados		
Indicadores de desertificação	Abrangência	Como medir
Cobertura vegetal	Nacional	% Área cobertura/área total
Biomassa da caatinga	Nacional	Massa foliar tonelada/ha/ano
Biodiversidade vegetal	Local	Inventário florístico (espécie/ha)
Desmatamento	Nacional	Variação da cobertura
Presença de espécies indicadoras	Local	Inventário florístico (espécie/ha)
Consumo produtos vegetais-Lenha/consumo	Nacional	Tonelada/ha/ano
Consumo produtos vegetais-consumo/oferta	Nacional	Tonelada/ha/ano
Fauna (diversidade densidade, distribuição)	Local	Inventário faunístico
Uso do solo	Nacional	Área/classe
Grau de erosão	Nacional	Tipo de classe/ha
Grau de salinização	Local	Classe
Área salinizada	Nacional	Área salinizada/área total irrigada
Sobrepastoreio	Nacional	(Carga animal/ha) /capacidade de suporte
Albedo de superfície	Nacional	I/R classe/área
Oferta/Demanda - Stress hídrico -IPH	Nacional	Vazão (m3/s) m3/hab/ano(classe)
Água armazenada à céu aberto	Nacional	Estimativa volume (área/há)
Qualidade da água	Local	Índice de qualidade da água (IQA 9parâmetros)
Assoreamento/Sedimentação	Local	Descarga sólida/descarga líquida
Mananciais superficiais (vazão -tempo)	Local	m3/s - (vazão rios)
Poços (vazão -tempo)	Local	Teste de bombeamento (m3/h) DNPM
Densidade demográfica (urbana, rural)	Nacional	hab/km2
Taxa de migração líquida	Nacional	$TM = (M / (((E+R)/2) * N)) * 1000$
Taxa média de crescimento populacional anual	Nacional	$(Pt2 - Pt1) - 1$
Estrutura da idade	Nacional	$P (0 - 19anos) / Pt * 100$
PEA/Gênero	Nacional	$P (20 - 59anos) / Pt * 100$ $P (60anos) / Pt * 100$
% de mulheres chefes de famílias	Nacional	(Mulheres chefes de família/total famílias)
Renda agrícola das famílias/renda total por famílias	Nacional	(\$ agrícola família/\$família)
Autoconsumo%	Local	\$ autoconsumo/\$produção
Incidência de pobreza	Nacional	IDH Índice de pobreza
Enfermidades maior incidência	Nacional	nº de atendimento SUS
Saneamento (serviço sanitário)	Nacional	%de residências rurais que possuem
Mortalidade infantil	Local	Mortos até 5anos/1000
Escolaridade	Local	Média de anos na escola
Estrutura fundiária	Local	Distribuição de classes das propriedades, Quantos Proprietários, Coeficiente de GINI
Índice de aridez	Nacional	Quociente entre precipitação e Evapotranspiração potencial

Fonte: Brasil (2004).

O PAN-Brasil traz como referência para a avaliação e mensuração da desertificação,

47 indicadores consensuados, que passam pela cobertura vegetal, uso do solo, uso das águas, aspectos demográficos, institucionais e climáticos (BRASIL, 2004).

Conforme ressaltado na seção anterior, o Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), proposto por Rouse et al. (1973), para estimação de indicadores de desertificação a nível espectral é comumente empregado em trabalhos relacionados a desertificação (SANTOS; GALVÍNCIO, 2013; ARAUJO et al., 2010; SILVA et al., 2009).

Dentro dessa perspectiva, Souza (2008) efetuou a identificação em campo de indicadores de vegetação (diversidade, densidade e estratos) que denunciasses diferentes tipos de caatingas e graus de antropismo, fato inédito nos estudos sobre desertificação desenvolvidos até o momento no Cariri paraibano.

Quanto a utilização de índices de vegetação no estado de Sergipe destaca-se o trabalho de Gois (2016), que analisa a suscetibilidade à desertificação no município Poço Redondo à partir de indicadores geoambientais (índices de vegetação (NDVI), tipo de solos, relevo, pluviosidade e uso e ocupação do solo), tendo destaque para a dinâmica da cobertura vegetal.

Portanto, nesse sentido, deve-se salientar a importância dos estudos de indicadores fisionômicos e fitossociológicos dos estratos vegetais, tendo em vista a contribuição dos mesmos para a efetivação do zoneamento ambiental dos domínios morfoclimáticos.

Além da quantificação da biomassa florestal, atualmente um dos métodos muito utilizados para quantificar, avaliar e monitorar riscos de desertificação são os parâmetros biofísicos como albedo, temperatura, emissividade, fluxo de calor no solo, fluxo de calor latente e índices de vegetação, como o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) (GARCIA et al., 2008).

Outrossim, ressalta-se a utilização de indicadores ambientais, tanto bióticos, como abióticos, para o acompanhamento dos níveis de degradação da cobertura vegetal, tendo em vista o uso racional dos recursos ambientais, buscando assim, respeitar a capacidade de resiliência dos ecossistemas com as necessidades da população local.

Ademais, deve-se destacar o uso de indicadores biofísicos para a análise e projeção de mudanças nos cenários ambientais, tendo em vista as mudanças no uso da terra, ou até mudanças no clima associadas à expansão da semiáridade em cenários futuros.

1.5 Análise de Cenários Ambientais

A atividade de planejamento parte de uma antecipação, seja para definir onde se pretende chegar e que realidade se deseja construir, ou para antever condições de futuro importantes para que os objetivos possam ser atingidos (BUARQUE, 2008).

Nesse sentido, o planejamento tem buscado de forma crescente a utilização da técnica de cenários em diversos aspectos do seu desenvolvimento, em especial nos planos econômico e ambiental, do ponto de vista do ambiente de negócios, da administração estratégica.

Dentro desse contexto, Ringland (2006) destaca que o planejamento de cenários é uma parte do planejamento estratégico que combina ferramentas e tecnologias para administrar as incertezas do futuro, ou seja, são modelos para antecipar.

Para Turner (2008), o planejamento por cenários permite que a organização reflita e ensaie diversos futuros possíveis, e evita o comodismo ou receio de mudar uma situação presente favorável.

Embora haja ampla bibliografia dos cenários no campo dos negócios, o enfoque do trabalho dar-se-á na área da dinâmica ambiental. Nesse sentido, para Santos (2004), os cenários futuros representam simulações de diferentes situações, prognósticos das condições socioeconômicas e ambientais em um tempo mais ou menos próximo, sendo hipotéticos de um futuro plausível e/ou desejável, podendo ser usados para auxiliar o planejador a identificar o que poderia acontecer se determinados eventos ocorressem, ou certos planos ou políticas fossem implementados.

Segundo Buarque (2012), cenários são configurações de imagens de futuro com base em jogos coerentes de hipóteses sobre o comportamento das variáveis centrais do objeto de análise e de seu contexto.

Os cenários devem ser construídos a partir do diagnóstico da realidade, mas também devem revelar o passado, o presente e o futuro sob o ponto de vista das diversas vertentes envolvidas no planejamento ambiental (TAUK-TORNISIELO, 1991).

Cenários são instrumentos de análise que permitem o conhecimento da evolução da paisagem a partir da interpretação dos rumos e das velocidades de transformações no espaço. Por possibilitarem a reflexão sobre as consequências de formas de uso e ocupação do território, são adotados como ferramentas úteis ao ordenamento territorial, uma vez que, contribuem com a orientação de usos atuais e futuros em função do controle das pressões

antrópicas e de proposições de ações que não comprometam a integridade biofísica (OLIVEIRA, 2013).

Para Tres, Reis e Schlindwein (2011), os cenários também são entendidos como métodos artificiais de ver a história. São construídos num processo de aprendizagem e formados por um conjunto de variáveis (ambientais, políticas, econômicas e sociais) que inter-relacionadas permitem a emergência de uma paisagem como resultado da relação homem-natureza.

Portanto, os cenários são ferramentas de projeção que permitem retratar as mudanças em uma paisagem. Traduzem-se como indicadores das alterações na estrutura e no funcionamento da paisagem resultantes das interações entre os componentes naturais e humanos. Os cenários são também considerados como instrumentos analíticos que sugerem opções de futuro. Por assumirem uma dimensão de ação preventiva, os cenários incorporam análises fundamentadas na regulação de usos e no estabelecimento de restrições mais severas à ocupação desordenada visando assim fornecer aos estudos ambientais vinculados ao planejamento subsídios para o ordenamento territorial (OLIVEIRA, 2013).

Para a elaboração de cenários é necessário muito rigor e cuidado técnico, para que estes sejam realmente relevantes e plausíveis, uma vez que a definição de hipóteses sobre o comportamento futuro é a parte central da sua construção (REGRA, 2010).

Embora sejam muito utilizados nas ciências sociais aplicadas, atualmente a ideia de cenários e suas projeções vêm ganhando força no campo das ciências ambientais, sobretudo por proporcionar a realização de prognósticos de desenvolvimento da paisagem.

Para Oliveira (2013), os estudos da dinâmica são os que permitem dar um prognóstico ao ambiente. Etimologicamente *prognose* provém do grego: *pro*, antes, e *gnosis*, conhecimento, e, portanto, significa conjecturar sucessos futuros.

Além da pressão populacional sobre os recursos ambientais e as práticas de exploração agrícola não sustentáveis, Amiraslani et al. (2011) afirmam que as mudanças e incertezas climáticas podem expandir as áreas propícias ao processo de desertificação nos próximos anos, acarretando sérios problemas futuros na produção de alimentos e adensamentos das áreas urbanas.

De acordo com o CGEE (2014), o clima regional ou local é afetado pelas interações da superfície terrestre com a atmosfera, bem como, pelas mudanças no uso da terra e água, o que se reflete em alterações na evapotranspiração dessas áreas. A melhoria da compreensão

da relação entre o clima local/regional e as mudanças no uso da terra e água é necessária para o desenvolvimento das respostas de adaptação integradas. Sobre isto, o Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas alerta que as mudanças na precipitação, temperatura e, conseqüentemente, evaporação afetarão a dinâmica das águas superficiais e a recarga nos aquíferos, interferindo, assim, na disponibilidade de águas subterrâneas (IPCC, 2012; KUNDZEWICZ et al., 2007).

Diversos autores (MARENGO e SOARES, 2005; MARENGO e VALVERDE, 2007; TOMASELLA et al., 2009; NÓBREGA et al., 2011) ao estudarem as projeções de mudanças climáticas para o Brasil, identificaram aumento da temperatura planetária e alteração na distribuição e volume das chuvas nas últimas décadas. Os resultados destes trabalhos apontam para um cenário climático favorável à expansão das áreas suscetíveis à desertificação.

Neste sentido, as pesquisas sobre desertificação associada com os cenários das mudanças climáticas se intensificaram. Pesquisadores analisam a influência do clima nas áreas já consideradas de risco de desertificação, e principalmente nas áreas de entorno. Alguns trabalhos já confirmam expansão dessas áreas, bem como, a variabilidade do risco de desertificação, onde algumas áreas que apresentavam risco baixo passaram a ter risco moderado e até mesmo alto.

A aplicação de técnicas de modelagem, com dados referentes às alterações da temperatura, precipitação e evapotranspiração fornecidos pelos modelos climáticos globais e regionais, permite a elaboração de novos cenários de áreas susceptíveis à desertificação, o que possibilita um alerta para as áreas que apresentariam potencial de risco de desertificação. Dessa forma, antecipar tomadas de decisão que proporcionem uma adequação do uso das terras que se encontram neste estado.

Sobre isso, Wang et al. (2009), ao simularem os efeitos de sete cenários de mudanças climáticas sobre as terras em desertificação em zonas áridas e semiáridas na China, mostraram que em algumas regiões ocorrerá uma desaceleração no processo, mas que na maior parte das áreas ocorrerá um avanço desse processo.

No Brasil, estudos de avaliação dos impactos das mudanças climáticas colocam a região nordeste do Brasil em estado de alerta (IPCC, 2012). Os cenários de aumento de temperatura e diminuição de precipitação torna a região uma das mais vulneráveis no Brasil. Souza e Oyama (2011) afirmam que a vulnerabilidade do bioma caatinga aos efeitos das

mudanças climáticas representa um forte fator de pressão para a desertificação na região.

Santos e Galvêncio (2013) mapearam as áreas com suscetibilidade à desertificação em 30 municípios do estado de Pernambuco, posteriormente projetaram um panorama de suscetibilidade para o ano de 2050 com base no cenário otimista B2 de mudanças climáticas. Os resultados revelaram, para as projeções de 2050, uma expansão nas áreas consideradas de média suscetibilidade e uma diminuição nas áreas de baixa suscetibilidade.

Guimarães et al. (2016) estudaram as projeções das mudanças climáticas na região nordeste para os anos de 2079 – 2099, utilizando os modelos climáticos globais CMIP5 e os modelos climáticos regionais CORDEX. Para ambos os modelos as projeções apontaram aumento da temperatura de 2,1°C e 4°C, aumento de 15% na evapotranspiração com relação ao clima presente, e as projeções para precipitação foram inconclusivas devido ao espalhamento entre o conjunto de simulações. O índice de aridez projetado teve valores baixos na maior parte das áreas, sugerindo uma tendência no aumento da aridez, ou seja, do risco alto de desertificação no Nordeste brasileiro.

Resultados semelhantes foram encontrados por Vieira et al. (2015), ao estudar as áreas com potencial de risco de desertificação na região Nordeste. Os autores identificaram áreas de risco para o clima presente, ano 2000 e 2010, e simularam cenários para o clima futuro, ano 2040. Os resultados encontrados mostram um aumento de 0,4% na classe de alta suscetibilidade à desertificação, já as classes baixa e moderada diminuíram 0,2%. O maior avanço da suscetibilidade foi sobre as áreas cobertas pela mata atlântica que pode estar associados à maior taxa de desmatamento que, atualmente, vem sendo ocasionado pelo avanço da agricultura.

No estado de Sergipe, poucas são as pesquisas que trabalham com a projeção de cenários. Podemos destacar a tese de doutorado de Oliveira (2013), que objetivou a elaboração de cenários biofísicos para as Planícies Costeiras dos municípios de Estância e Itaporanga D'Ajuda- SE, visando, a partir da perspectiva de análise integrada da paisagem, a proposição de classes de uso e ações prioritárias.

Portanto, deve-se destacar a perspectiva de análise dos cenários da paisagem associadas ao processo de degradação ambiental/desertificação aplicados ao semiárido sergipano. Todavia, para a elaboração de tais prognósticos, torna-se imprescindível a aplicação da modelagem ambiental, tendo em vista a capacidade de correlação espacial entre

as variáveis ambientais e suas possíveis projeções.

1.6 Modelagem Ambiental e o Processo de Desertificação

A modelagem de dados espaciais diz respeito ao processo de organização dos dados espaciais e sua operacionalização através de métodos diferenciados. Assim, Câmara (1995) ressalta que o modelo de dados consiste num conjunto de ferramentas conceituais para estruturar dados num sistema computacional, que descreve como a realidade geográfica será representada; nesse sentido, diz respeito à tradução do mundo real em outros domínios.

Portanto, podemos destacar que os modelos são tentativas de simplificação do real para torná-lo apreensível, uma vez que, considerando-se a complexidade dos fenômenos no real, é necessário formular estratégias que promovam seu estudo e compreensão (ARAÚJO et al., 2013).

No campo da modelagem ambiental, pode-se salientar que as tecnologias de geoprocessamento e de sensoriamento remoto são fundamentais para monitoramento dos recursos naturais. Recursos como imagens de satélite e seus produtos derivados auxiliam na compreensão das fragilidades e potencialidades dos sistemas ambientais.

Nesse sentido, o uso de técnicas de geoprocessamento utilizando SIG tem contribuído para a análise integrada do meio ambiente. Certos modelos qualificam e/ou quantificam as degradações ambientais, como o modelo USLE (*Universal Soil Loss Equation*) e os sistemas de aptidões agrícolas, que utilizam o Geoprocessamento como meio de aquisição, entrada, manipulação e saída dos dados (ARAÚJO JR, 1997; RAWAT et al., 2015).

O objetivo dos modelos espaço-temporais é a simulação numérica de processos do mundo real em que os estados do modelo se modificam ao longo do tempo e em função de diversas condições de entrada. Os modelos baseados em SIG (Sistemas de Informações Geográficas) descrevem a evolução de padrões espaciais de um sistema ao longo do tempo (PEDROSA; CÂMARA, 2002).

A Equação Universal de Perda de Solos (USLE) foi desenvolvida nos Estados Unidos na década de 1950 e revisado por Wischmeier e Smith em 1978, e é um dos modelos mais empregados e difundidos, onde compõe a maioria dos estudos de erosão do solo no mundo (GARCÍA RUIZ et al., 2015).

Um dos motivos de seu vasto uso é a exigência de poucos dados e sua facilidade de

aplicação. A aplicação da USLE, em diversas escalas, facilitada pelo uso dos SIGs, têm se mostrado eficiente na integração de diferentes dados temáticos e na geração de novos produtos cartográficos, especialmente em estudos sobre perda de solo (PINTO, 2005; LIN et al., 2016).

Modelos relativamente simples podem descrever com certo grau de confiança os processos de degradação ambiental, facilitando a complementação de diagnósticos integrados dos recursos naturais e das suas relações com as atividades humanas (FRANCISCO et al., 2013)

Desse modo, as imagens de satélites em conjunto com as bases de dados locais e mapas têm sido usadas para examinar e quantificar a natureza, a tendência e o processo de desertificação em diferentes ambientes (LOPES et al., 2009).

No que diz respeito ao processo de desertificação, Francisco et al. (2013) utilizando o Índice de Deterioração das Terras Semiáridas (IDTS) propuseram o modelo que parte da premissa de que sobre a condição de clima semiárido, quanto menor é o grau de cobertura da vegetação, maior é o risco de erosão, e que o grau de deterioração das terras é diretamente proporcional à erodibilidade do solo e a declividade do terreno. Assim, o IDTS é função inversa do índice de cobertura do solo (IS) e direta da declividade do terreno (ID) e do índice da erodibilidade do solo (IE).

A aplicação das geotecnologias possibilitou significativos avanços nas pesquisas relacionadas à causa, impacto e tendência à degradação de terras/desertificação. A integração dessas técnicas e ferramentas permite identificar as características dos agentes modificadores do espaço, de forma rápida, atualizada, precisa e objetiva. Além disso, permite reconhecer, mapear, monitorar e estimar a extensão e a intensidade das alterações na paisagem provocadas por ações antrópicas, contribuindo para o monitoramento presente e futuro dos fenômenos analisados (GEERKEN et al., 2004).

Ainda no campo da desertificação, vários trabalhos destacam a aplicação de técnicas de modelagem com dados referentes às alterações da temperatura, precipitação e evapotranspiração fornecidos pelos modelos climáticos globais e regionais, os quais permitem a elaboração de cenários generalizantes do processo desertificação, tendo em vista a escala de detalhe.

Para a região Nordeste, especificamente o estado da Bahia, Dourado (2017), utilizou a modelagem de cenários de áreas com potencial de risco de desertificação para o clima

presente (2000 a 2014), e cenários para o clima futuro (2021 a 2050), a partir das projeções do modelo climático regional Eta-Miroc.

No estado de Sergipe, apesar da existência de estudos detalhados sobre o processo desertificação para algumas áreas, o processo de modelagem não envolve a projeção de cenários futuros, tendo em vista um vislumbre para compreensão do desenvolvimento das paisagens degradadas e/ou desertificadas.

Ademais, tendo em vista a predominância análise generalista em contraponto às particularidades do semiárido sergipano, pode-se destacar que a importância do ajuste de modelos que auxiliem na compreensão dos cenários de desertificação, bem como na compreensão da sua dinâmica de evolução.

Capítulo

II: Cenários

de Pesquisa

2. CAPÍTULO II: Cenários da pesquisa

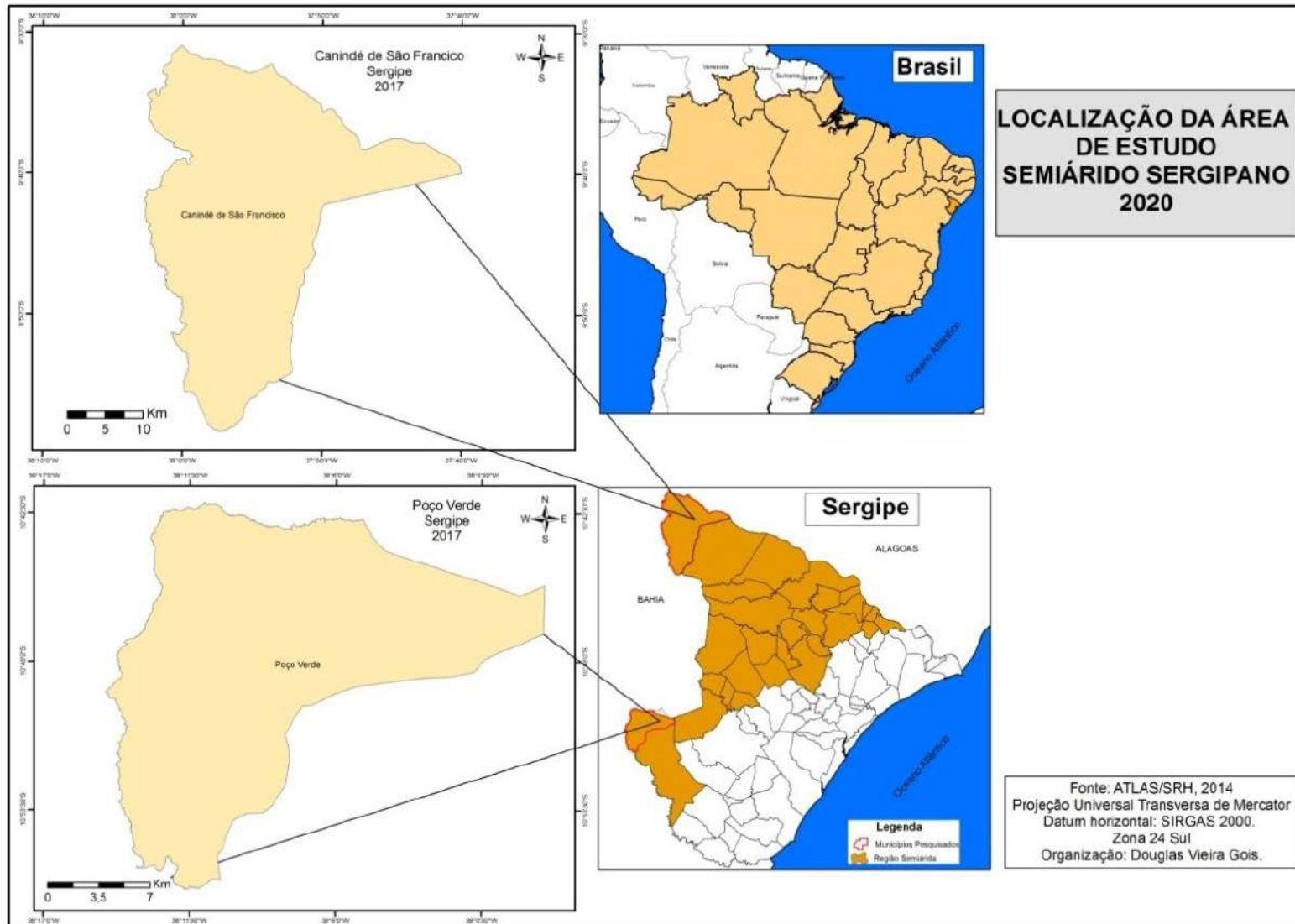
2.1 Formação territorial dos municípios de Poço Verde e Canindé de São Francisco-Sergipe

O semiárido Sergipano (figura 03) é formado por 29 municípios, tendo 50,67% de sua extensão territorial dentro da região semiárida, com uma população de 441.474 habitantes e densidade demográfica de 39, 75 hab/km². Situados no Polígono das Secas, submetidos a rigorosa escassez hídrica, tais municípios apresentam suscetibilidade ao processo de desertificação (IBGE, 2010).

Tal porção do território sergipano teve sua ocupação a partir da criação de gado, caracterizando-se pela presença de municípios com grande extensão territorial para os padrões sergipanos, a exemplo de Canindé de São Francisco, Poço Redondo, Porto da Folha, Carira, Tobias Barreto e Simão Dias (FRANÇA, 2010).

Como nas demais áreas do Sertão brasileiro, a característica mais marcante do Sertão Sergipano é a semiaridez, definida pelo intenso déficit hídrico que ocorre entre sete a onze meses do ano (FRANÇA, 2003). A pressão antrópica tem sido muito forte e a retirada da cobertura vegetal tem proporcionado condições de suscetibilidade à desertificação, em decorrência da presença de solo desnudo em vários pontos do Semiárido Sergipano, em especial em suas extremidades à Noroeste e a Sudoeste.

Figura 3- Localização dos municípios de Poço Verde e Canindé de São Francisco-Sergipe.



Sabendo das características e complexidade inerentes ao semiárido sergipano, destacamos como áreas para estudo do processo de desertificação os municípios de Canindé de São Francisco e Poço Verde, localizados respectivamente nos extremos Noroeste e Sudoeste do estado (figura 3).

A escolha das áreas é justificada pela singularidade dos vetores socioeconômicos com elevado potencial de degradação e consequente desertificação ecológica das áreas. Apesar dos municípios supracitados estarem na mesma zona climática (semiárido sergipano), tais áreas apresentam dinâmica climática e socioeconômica peculiares, o que traduz distintos cenários de desenvolvimento e degradação dentro do macroambiente. Entretanto, contrariando esse viés da desertificação ecológica associada ao uso intensivo do solo, estudos do Ministério do Meio Ambiente, baseados em análises que sobrepõem a variável climática aos demais vetores de degradação, destacam que os referidos municípios apresentam, respectivamente, alto e moderado risco de desertificação.

Localizado na porção Sudoeste do estado de Sergipe, o município de Poço Verde (figura 3) possui uma área territorial de 430,96 Km² e localiza-se pelas coordenadas 10°42'11" de latitude sul e 38°11'06" de longitude oeste, estando a sede em uma altitude de 275 metros, estando a 146 Km distância da capital de Sergipe.

O município de Poço Verde teve origem no ano de 1609 quando Antônio Guedes conseguiu as primeiras sesmarias para a região. As terras pertenciam ao Sr. Sebastião da Fonseca Dória dono de uma fazenda chamada Poço do Rio Real que com o passar dos anos, após um longo período seco, passou a ser chamada Fazenda Poço Verde devido a germinação vegetativa sempre verde nessa região, surgindo, dessa forma, o nome Poço Verde. Sebastião da Fonseca Dória tornou-se conhecido como o fundador do município por ter doado grande parte de suas terras para que ocorresse o povoamento (OLIVEIRA, 2013). Apesar desse contexto histórico, a mesma só passou à categoria de cidade por força da Lei Estadual nº 525 – A, em 25 de novembro de 1953.

Situado no território do Centro Sul Sergipano, Poço Verde perfaz uma das fronteiras entre Sergipe e Bahia. Limita-se ao oeste com os municípios baianos Heliópolis, Fátima e Ribeira do Amparo, ao norte com as cidades de Adustina e Paripiranga; ao leste com o município sergipano Simão Dias e ao Sul com Tobias Barreto. O acesso pode ser feito pelas rodovias pavimentadas SE-361, SE- 270, BR-101 e BR-235.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019), a população

municipal é de 23.728 habitantes, sendo 13.812 na zona urbana e 9.916 na zona rural. Dentre os distritos mais populosos estão: São José, Saco do Camisa, Tabulerinho, Rio Real, Ladeira do Tanquinho e Lages. Alguns foram originados de acampamentos e assentamentos rurais, outros pela facilidade de acesso a sede. Quanto às dimensões do desenvolvimento humano, o município apresenta IDHM de 0,563, que segundo a faixa proposta pelo PNUD, é um índice considerado baixo, o que denota uma maior vulnerabilidade social.

Localizado no extremo Noroeste do estado de Sergipe, Canindé de São Francisco abrange uma superfície de 902,25 km². Seus limites são a norte com o estado de Alagoas, a oeste e sul com o estado da Bahia e a leste com o município de Poço Redondo. A sede municipal com cerca de 68 metros de altitude é determinada geograficamente pelas coordenadas 09°38'40" de latitude sul e 37°37'16" de longitude oeste, estando a 213 Km distância da capital de Sergipe. (SERGIPE, 2010). Do ponto de vista administrativo, Canindé de São Francisco está situado no território do Alto Sertão Sergipano.

A história do município está vinculada ao morgado de Porto da Folha. O território teve sua ocupação através do rio Curituba em 1629, para atender ao espírito de cobiça das bandeiras, contribuindo para formação do povoado. Pela Lei estadual nº 368, de 7 de novembro de 1899 o povoado foi elevado à sede de Distrito de Paz, lei posteriormente revogada até que o Decreto-Lei nº 69, de 28 de março de 1938 restabeleceu a condição de sede de distrito. A Lei estadual nº 525-A de 25 de novembro de 1953 elevou o povoado à cidade e sede do município de Curituba, o qual foi instalado em 6 de fevereiro de 1955. A princípio chama-se Canindé, depois Curituba para denominar-se, finalmente, Canindé de São Francisco pela Lei nº 890 de 11 de janeiro de 1958 (IBGE, 2010).

Segundo informações do IBGE (2019), a população total do município é de 29.990 habitantes, sendo 16.303 residentes na zona urbana e 13.687 na zona rural, com uma densidade demográfica de 32,6 hab/km². Quanto às dimensões do desenvolvimento humano, o município apresenta IDHM de 0,566, que segundo a faixa proposta pelo PNUD, é um índice considerado baixo, o que segue a meia geral do semiárido sergipano e denota maiores condições de vulnerabilidade social.

No que diz respeito à vocação agrícola dos municípios pesquisados, ambos possuem destaque na produção de grãos e pecuária. A partir dos anos 2000, a produção de milho, ajudando o estado de Sergipe a alcançar a barganha de um dos maiores produtores na região Nordeste (Tabela 01).

A principal atividade econômica no município é a agropecuária. Seus principais produtos agrícolas são o milho e o feijão. Poço Verde é considerado um dos maiores produtores de grãos do Estado de Sergipe, destacando-se como maior produtor de feijão. A pecuária tem destaque com a criação de bovinos, seguida da criação de suínos, galináceos, equinos e ovinos. Como atividade alternativa com elevado potencial sustentável, o município possui destaque também para a apicultura, destacando-se como um dos maiores produtores de mel do estado de Sergipe (POÇO VERDE, 2019).

Tabela 01- Evolução da cultura do milho no semiárido sergipano.

Item	2000		2010		Taxa de crescimento 2000-2010
	Rank	Ton.	Rank	Ton.	
Carira	4	6.000	1	237.600	3.860%
Simão Dias	2	8.550	2	150.150	1.656%
Frei Paulo	6	5.250	3	86.130	1.541%
N. Sra. da Glória	9	3.640	4	75.355	1.970%
Monte Alegre	12	2.016	5	61.680	2.960%
Gararu	15	1.560	6	52.955	3.295%
Poço Redondo	26	540	7	46.789	8.565%
Poço Verde	1	15.300	8	43.061	181%
N. Sra. Aparecida	5	5.600	9	41.580	643%
Pinhão	3	6.201	10	41.250	565%
Porto da Folha	18	1.170	11	34.176	2.821%
Feira Nova	11	2.080	12	29.976	1.341%
Canindé de S. F.	30	325	13	27.776	8.446%
Itabi	24	660	14	16.366	2.380%
S. Miguel do Aleixo	7	4.372	15	15.840	262%
Pedra Mole	20	750	16	14.300	1.807%
N. Sra. de Lourdes	21	720	17	12.090	1.579%

Fonte: IBGE, 2010.

Atualmente Poço Verde é o maior produtor de Feijão do Estado de Sergipe e o 12º do país sendo o 2º maior produtor de milho no Estado. O município possui um PIB: R\$ 117.419.940,00 e PIB per capita: R\$ 11.926, 92 (POÇO VERDE, 2019). Mesmo com tamanho potencial agrícola, o referido município apresenta perdas significativas no setor produtivo ocasionadas pelas estiagens e secas.

Em Canindé de São Francisco, as principais atividades econômicas desenvolvidas são: a agricultura (milho, tomate, feijão e algodão), pecuária (bovinos, caprinos e ovinos) e avicultura (galináceos). Encontra-se em plena ascensão a atividade turística no âmbito da Hidrelétrica de Xingó, e também, no trecho do rio São Francisco que abrange o lago formado

pela barragem, com efetivos impactos sobre a economia de toda a microrregião (CPRM, 2002).

A economia de Canindé está voltada para o turismo ecológico e para a agricultura irrigada no Perímetro Califórnia. Portanto, a agricultura irrigada é a principal atividade econômica do município, com destaque para a produção de milho, feijão, mandioca (IBGE, 2015). Atualmente o município possui um PIB de R\$ 1 326 772,960 mil e PIB per capita de R\$ 53 730,73.

No referido município, além da produção exponencial de grãos no modelo de agricultura de sequeiro, em especial para o cultivo do milho (ver tabela 01), destacam-se os projetos de irrigação (Califórnia e Jacaré-Curituba), o que possibilita que parcela dos agricultores tenham aumentado e diversificação a produção, mitigando os impactos das intempéries do clima em ambiente semiárido.

A implantação do projeto hidroagrícola Califórnia ocorreu na década de 80 o século XX. O perímetro irrigado é uma obra construída pelo Governo do estado, originário de duas fazendas: Cuiabá e Califórnia, desapropriadas em 1984. A área agrícola do projeto Califórnia, abrange uma superfície de 3980 hectares, sendo uma superfície útil irrigável de 1360 hectares. As principais culturas plantadas no referido projeto são: quiabo, milho, tomate, feijão, aipim, banana, goiaba, abóbora e outras (PERAZZO et al., 2002).

O Projeto de Assentamento Jacaré-Curituba foi criado em 19 de dezembro de 1997 com 5.005 hectares, dos quais 3.156 ha seriam irrigáveis através da captação, adução e distribuição de água do rio São Francisco. No perímetro 50% da área são determinadas para exploração de culturas densas, como abóbora, melância, melão, tomate, pimentão, feijão, milho e macaxeira (mandioca mansa), utilizando sistema de irrigação por gotejamento. Outros 30% dessa área são voltadas para a exploração de culturas semiperenes, como banana, mamão e maracujá, usando sistema de irrigação por microaspersão. Os 20% restantes são para implantação de culturas perenes, como coco-da-baía, goiaba, caju anão-precoce e limão, utilizando também sistema de irrigação por microaspersão (CODEVASF, 2010).

Na região semiárida sergipana predomina a agricultura de sequeiro, com exceção de pequenos perímetros que constituem as áreas irrigadas que, a priori possibilitam a mitigação os impactos das intempéries do clima no sistema produtivo. Todavia, tais espaço, quando não geridos de modo correto podem potencializar os impactos no solo e aumentar o risco à desertificação.

Ademais, apesar da diversidade nas atividades econômicas e da pujança em alguns sistemas produtivos, sobretudo de grãos, deve-se destacar que por estarem localizados no perímetro das secas, os município pesquisados sofrem com os impactos das variabilidades pluviométricas, gerando perdas econômicas e aumento da vulnerabilidade social na região, sobretudo aos pequenos agricultores, o que pode ser aumentado com o avanço dos cenários de desertificação.

2.1.2 Estrutura agrária e luta pela terra

Historicamente a conjuntura agrária do semiárido sergipano apresenta uma significativa concentração de terras, contudo, a atuação de movimentos organizados da sociedade, com destaque para o movimento socioterritorial do MST, a partir da década de 90 do século XX, ganhou notoriedade no campo de lutas pela reforma agrária. Assim, diversos latifúndios improdutivos foram ocupados, a fim de forçar o Estado a desapropriar tais imóveis, para dar aos mesmos a função social da terra¹.

Para compreendermos a dimensão da atuação do MST, e de outros movimentos socioterritoriais no Semiárido Sergipano, em especial, em Canindé de São Francisco, podemos destacar o número total de assentamentos de reforma agrária nesse município, que chega ao montante de 30, equivalente a 19,07% dos assentamentos do estado, que soma 208. No que diz respeito ao número de famílias assentadas, o referido território também abrange o maior montante, com 1.022 famílias, que equivale a 12,73% dos assentados do estado de Sergipe, que somam a cifra de 9.448 famílias.

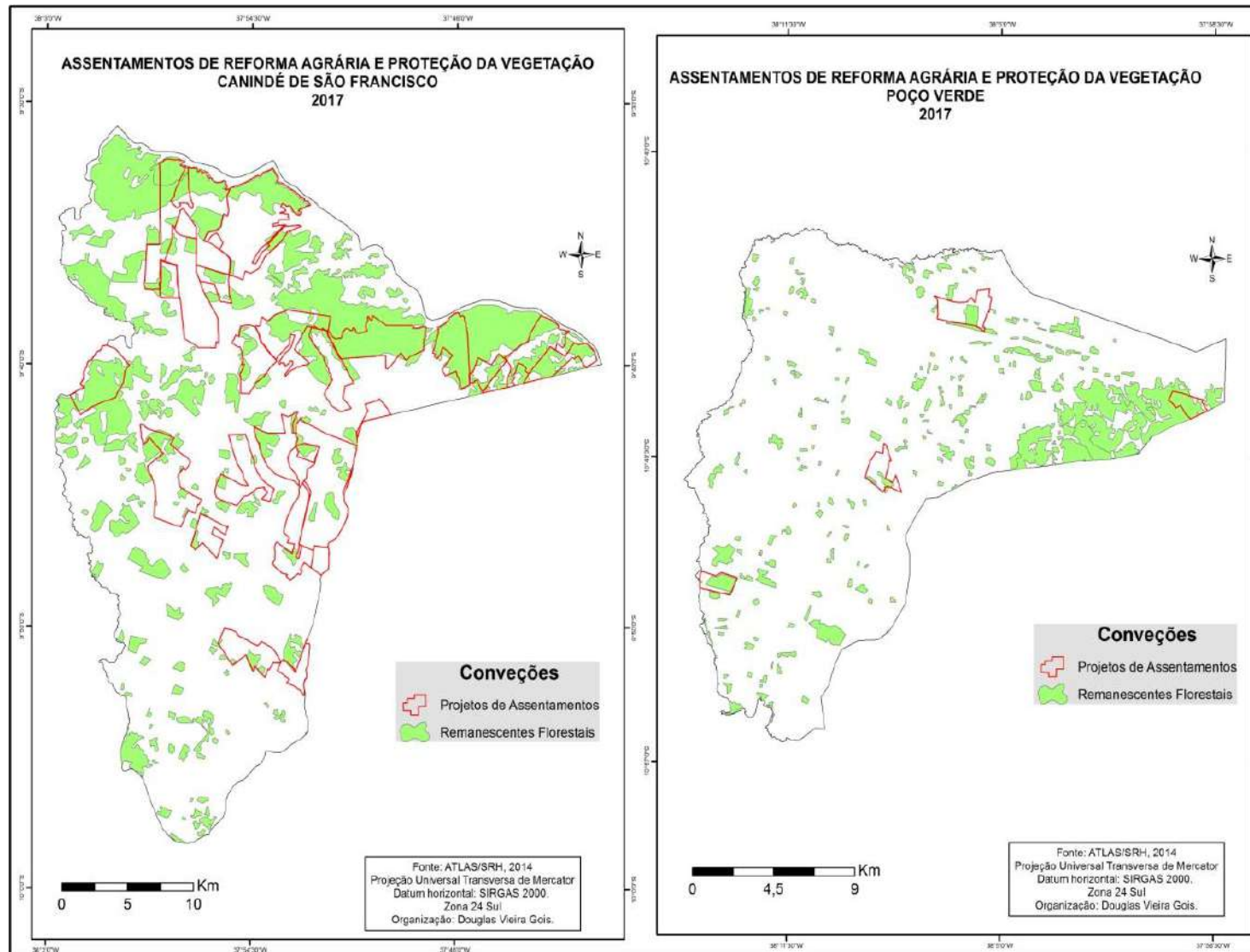
Dentro da realidade agrária do Semiárido Sergipano, o município de Canindé de São Francisco se destaca, tanto pelo maior número de assentamentos do território, 30, como na área ocupada pelos mesmos, 33.580Km². Por outro lado, o município de Poço Verde, possui apenas 4 assentamentos de reforma agrária, portanto há maior concentração de terras e por conseguinte, pode gerar maior vulnerabilidade social à população do semiárido que não possui acesso à terra.

O município de Canindé de São Francisco é um dos marcos da reforma agrária no

¹ Segundo Ramos Filho (2012), a função social da terra é compreendida como o atendimento simultâneo, de acordo com determinados critérios e graus determinados em Lei referente ao “aproveitamento racional adequado; utilização adequada dos recursos naturais disponíveis e preservação do meio ambiente; observância das disposições que regulam as relações de trabalho; exploração que favoreça o bem-estar do proprietário e dos trabalhadores”.

estado de Sergipe, tendo uma referência da luta pela terra das propriedades onde hoje está localizado o assentamento Jacaré-Curituba (Figura 4).

Figura 4- Sobreposição dos Assentamentos de Reforma Agrária no mapa do diagnóstico florestal.



Ao analisarmos a figura 4, podemos destacar a importância dos Projetos de Assentamentos de Reforma Agrária e suas respectivas reservas legais para a proteção da vegetação da caatinga na área estudada, com maior destaque para o município de Canindé de São Francisco. Ao visualizarmos a sobreposição dos assentamentos podemos inferir a presença marcante de áreas com expressiva densidade vegetal nos perímetros dos assentamentos, o que pode diminuir a intensidade dos processos erosivos e por conseguinte, a suscetibilidade à desertificação.

A conquista do Assentamento Jacaré-Curituba resulta das lutas por terras desencadeadas pelo Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra nessa localidade, a partir de meados da década de 1990. Esta região tradicionalmente esteve sob o mando e comando dos latifundiários e coronéis. Com a finalização da construção da barragem da Hidrelétrica de Xingó, o desemprego, a fome e a miséria campearam na região (RAMOS FILHO, 2013).

Ramos Filho (2013) destaca que foi a partir do dimensionamento de espaços de luta e resistência que os trabalhadores conquistaram o megaprojeto de irrigação, pensado inicialmente para a expansão do agrohidronegócio no sertão sergipano, em uma ação inédita no estado. Na prática, o projeto de assentamento Jacaré-Curituba é formado por oito glebas que foram incorporadas com a nomenclatura de PA Jacaré-Curituba I, II, III, IV, V, VI, VII e VIII.

Embora a implementação dos projetos de irrigação possua uma importância significativa para a viabilização da agricultura nesta região semiárida, as práticas inadequadas de irrigação podem trazer impactos negativos para a própria população dependente da terra, como a salinização dos solos, que acarretam no empobrecimento dos mesmos, e a consequente diminuição da produtividade nas áreas irrigadas.

Portanto, a falta de assistência técnica especializada nos perímetros irrigados potencializa o aumento da degradação dos solos nessas áreas, tornando-as mais suscetíveis ao processo de desertificação e consequentemente reduzindo a produtividade das terras, ampliando a vulnerabilidade econômica e social da população sertaneja.

2.2 Fisiografia da Paisagem

O presente tópico visa analisar os condicionantes do quadro geoambiental do semiárido sergipano, visto ser nesta área onde predomina a vegetação da caatinga no estado de Sergipe e, por conseguinte, é a área afetada pelos processos de desertificação.

As condições de clima denotam um fenômeno dominante na configuração do domínio das depressões interplanálticas semiáridas do Nordeste, por conseguinte do semiárido do São Francisco Sergipano. Portanto, sua influência é preponderante para a formação do quadro geológico da caatinga sergipana, sendo assim responsável, principalmente pela formação dos solos e da vegetação deste domínio.

O quadro geológico da caatinga sergipana é resultante, sobretudo do tipo climático da região. De acordo com Franco (1976), a área está compreendida entre as isoietas de 300 e 800 mm. Ainda segundo a mesma classificação, o município de Poço Verde e Canindé de São Francisco, se encontra na isoietas de 400 mm, apresentando altos índices de aridez.

Outrossim, podemos destacar que o quadro geoambiental dos municípios supracitados apresentam fragilidade quanto ao desenvolvimento do processo de desertificação, posto apresentar baixo índice pluviométrico anual e irregularidade têmporo-espacial na distribuição das precipitações. Tais características, aliadas aos horizontes de solo pouco desenvolvidos e a utilização indiscriminada dos mesmos, pode gerar maior susceptibilidade a tal processo.

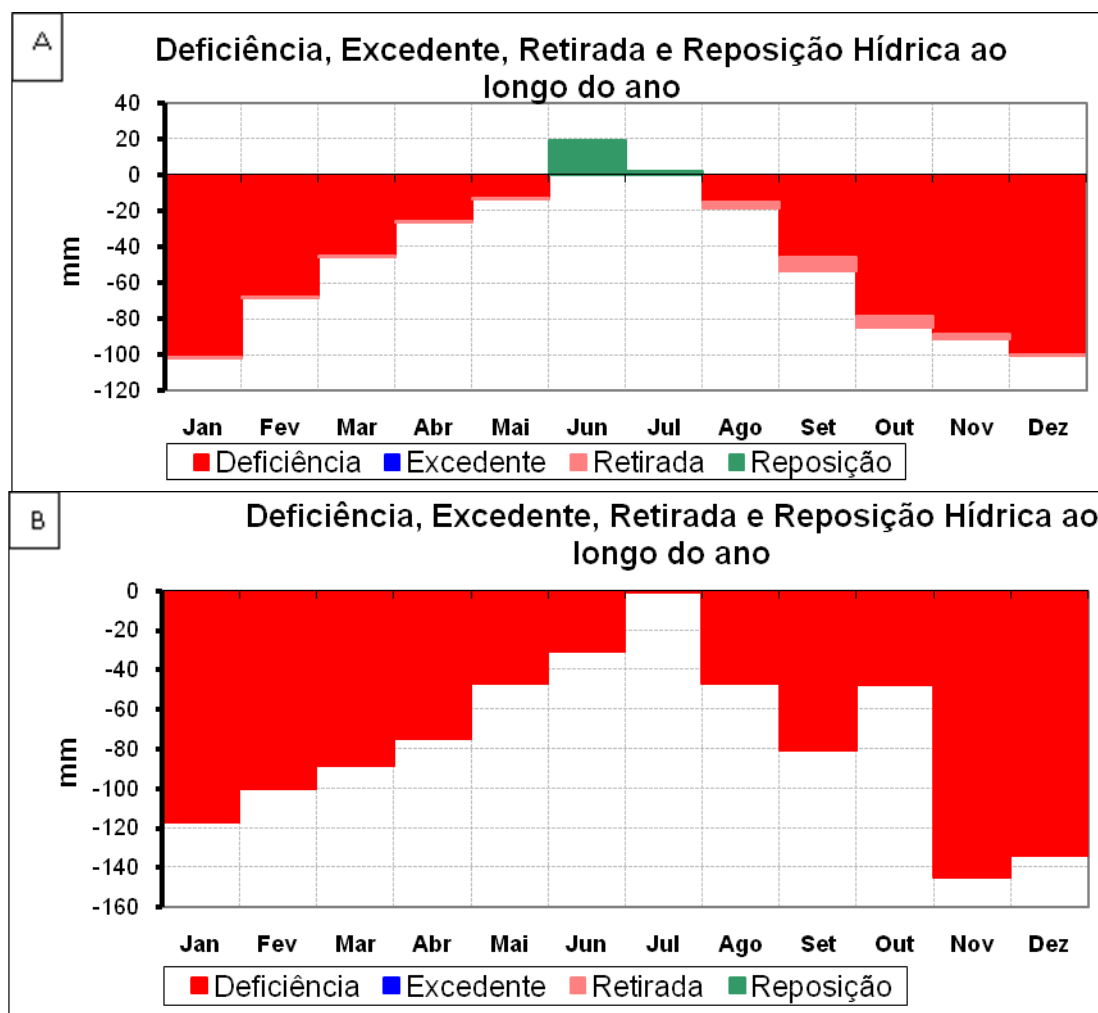
2.2.1 Aspectos fitoecológicos

A vegetação varia de acordo com a classe de solos, e vão desde as Associações Caducifólias Mistas até a Caatinga Hiperxerófila. Portanto, pode-se salientar que às fâcies da vegetação da caatinga sergipana tem relação direta com a litologia (classe dos solos), sendo a influência do clima um fator preponderante para a gênese de ambos (FRANCO, 1983).

Conforme o autor supracitado, o clima é um fator preponderante para a existência da vegetação. Quanto mais árido – menor atuação da precipitação – mais rarefeitas são as formações vegetais. Nesse sentido, de acordo com Franco (1983), enquanto na Floresta Atlântica no estado de Sergipe a precipitação é maior do que a evaporação, na Caatinga, a precipitação é menor que a evaporação, dificultando deste modo, o desenvolvimento de espécies não adaptadas a aridez. Ressaltando que algumas áreas da caatinga sergipana apresentam até oito meses secos (Figura 5).

No balanço hídrico da figura 5, pode-se observar as estimativas da evapotranspiração real (ETR), da deficiência hídrica (DEF), do excedente hídrico (EXC) e do armazenamento de água no solo (ARM), onde, município de Poço Verde prepondera a deficiência hídrica durante 10 meses, dificultando assim o desenvolvimento da vegetação. Enquanto no município de Canindé de São Francisco predomina a deficiência hídrica durante todo o ano.

Figura 5- Representação gráfica completa do balanço hídrico climatológico **A-** do município de Poço Verde e **B-** do município de Canindé de São Francisco-1990-2010.



Fonte: SRH-SE (2014).

Nesse sentido, Franco (1983), classifica a vegetação da Caatinga sergipana de acordo com o índice de aridez. Para o autor supracitado, Sergipe possui dois tipos de Caatinga, a saber: Hipoxerófila e Hiperxerófila. A Caatinga Hipoxerófila é aquela que

apresenta sete meses secos, enquanto a Hiperxerófila tem oito ou mais meses secos.

A Caatinga Hipoxerófila é a mais úmida dos tipos desta vegetação em Sergipe. É considerada uma continuação das Associações Caducifólias Mistas com a Caatinga, comumente denominada como, Boca da Caatinga. Segundo Franco (1983), esse substrato vegetal abrange apenas Mocambo e Nossa Senhora da Glória. A formação vegetal Hipoxerófila contém os estratos mais altos da Caatinga no estado de Sergipe.

Nesse substrato a vegetação é caducifólia, caindo suas folhas do fim do inverno até o fim da primavera, de agosto até outubro (FRANCO, 1983). Nessa associação ocorrem os três estratos da Caatinga, a saber: herbáceo, arbustivo e arbóreo. O herbáceo contém plantas de até um metro de altura. O arbustivo contém plantas de até oito metros de altura. O estrato arbóreo, de doze a quinze metros de altura.

De acordo com a catalogação feita por Franco (1983), podemos inferir as seguintes características:

a) Para a Caatinga Hipoxerófila:

✓ O estrato herbáceo não recobre todo o solo, favorecendo assim o desencadeamento dos processos erosivos. Tal substrato é composto principalmente pela macambira (*Bromelia laciniosa*, Mart); gravatá (*Aechmealingulata*, L); as gramíneas: capim pé-de-galinha (*Eleusine indica* (L.) Gaertn.), dentre outros. Nos lugares mais secos e sobre os batólitos, encontra-se a coroa-de-frade (*Melocactus bahiensis*, Brittset Ross);

✓ O estrato arbustivo é constituído pelo mameleiro (*Croton sp.*), espécie que domina o solo após a derrubada da Caatinga (é com essa espécie que começa a recomposição da flora). Além desta espécie, predominam nesse estrato, o pinhão bravo (*Jatropha molissima*); o arranhento (*Mimosa hostilis*, Benth.), espécie regeneradora do solo e da vegetação da Caatinga; a escova-de-macaco (*Combretum fruticosum*); a jurema (*Mimosa nigra*; L.); e a catinga-de-porco (*Caesalpinia pyramidalis*, Tul.), esta última espécie, é a que sucede o arranhento, chegando ao clímax da vegetação, além de cobrir 90% da vegetação da Caatinga Hipoxerófila;

✓ No estrato arbóreo, podemos encontrar a braúna (*Schnopsis brasiliensis*, Engl.); a aroeira (*Myracrodruon urundeuva*, Allemão.); o umbuzeiro (*Spondis tuberosa*, Arr.); o pau-ferro (*Caesalpinia leiostachya* (Benth.)); o facheiro (*Pilosocereus pachycladus*); e o mandacaru (*Cereus jamacaru*). O facheiro domina para o interior e o mandacaru para o litoral;

✓ No que diz respeito à climatologia, a Caatinga Hipoxerófila apresenta os máximos de chuvas em julho a dezembro. O ritmo das chuvas é OIVP, ou seja, inicia no outono e decresce até a primavera. A precipitação anual varia entre 662,8 mm e 677,0mm;

b) Quanto à Caatinga Hiperxerófila:

✓ É a Caatinga mais árida. Tem de sete a dez meses secos, porém, sem nenhum mês úmido. Abrange os municípios de Poço Verde e Canindé de São Francisco, Porto da Folha e Canindé de São Francisco;

✓ Existem três estratos da vegetação (herbáceo, arbustivo e arbóreo), porém com porte mais baixo quando comparado à Caatinga Hipoxerófila. Isso se deve ao índice de aridez, pois quanto mais secas as áreas, menor será o porte da vegetação;

✓ No estrato herbáceo predomina a coroa de frade (*Melocactus sp.*); Flor-de-São-João (*Cassia excelsa*, Shrad.), dentre outras espécies. No estrato arbustivo destaca-se o iço (*Capparis iço.*), espécie que não perde suas folhas durante a seca. O estrato arbóreo enfatiza-se pela presença do Umarizeiro (*Geoffroea superba*), e a Craiba (*Tabebuia caraipa*), que se destacam na paisagem pedregosa. Vale ressaltar que o Xiquexique (*Pilosocereus polygonus*) é encontrado nas áreas mais pedregosas e mais escassa em vegetação.

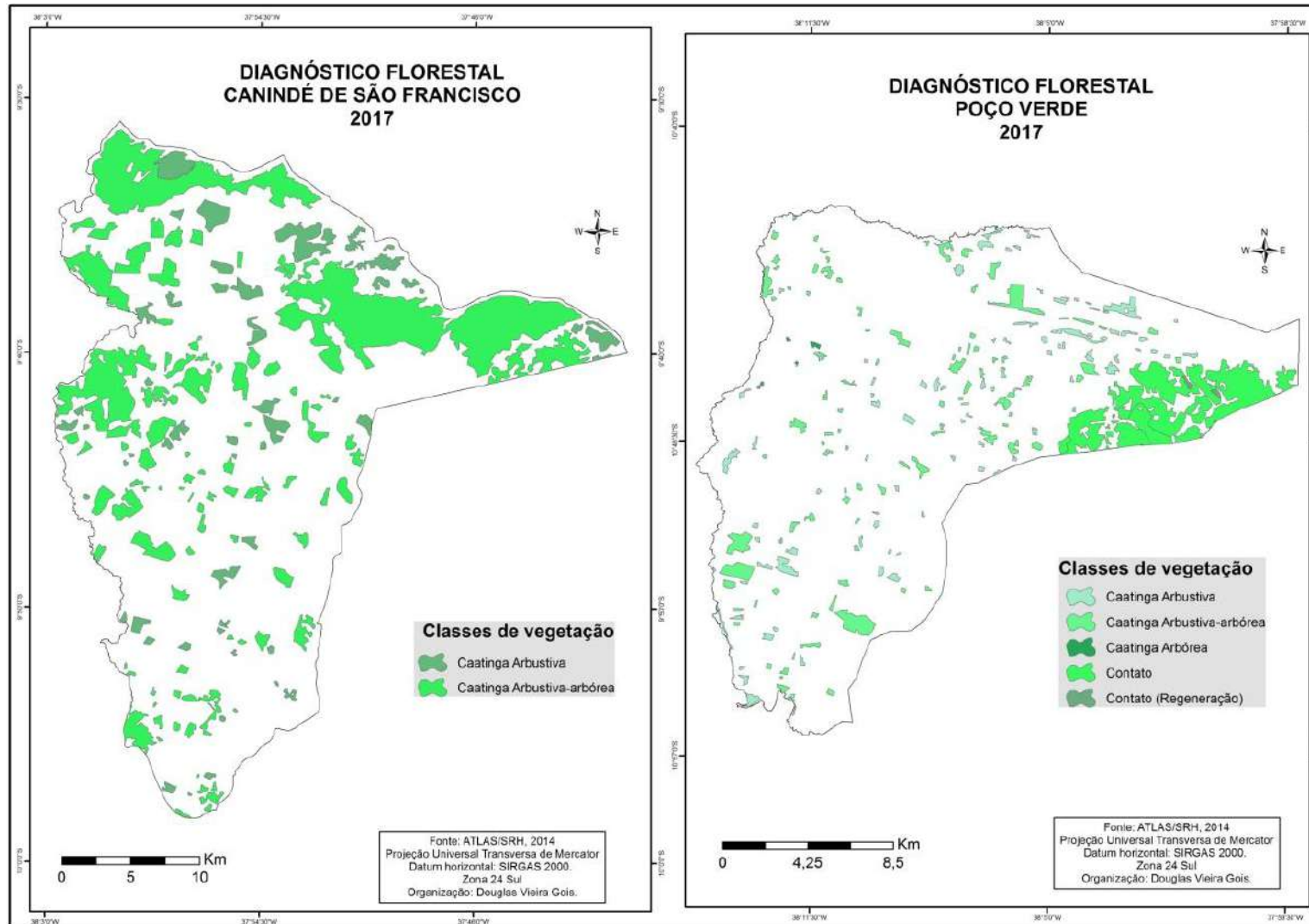
✓ Os dados climáticos para a Caatinga Hiperxerófila são os seguintes: os máximos das chuvas apresentam-se em abril-dezembro, maio-dezembro e junho-novembro-janeiro. Os ritmos das chuvas são OIVP e OVIP, a primeira inicia e no outono e regride até a primavera, apresentando períodos medianos no inverno e verão, diferentemente do segundo percentual, apresenta o pico da precipitação no outono, seguido regressivamente por verão, inverno e primavera. A precipitação anual varia entre 527,1 mm e 322,2 mm;

No que diz respeito à cobertura vegetal, a mesma vai diferenciar-se à medida que adentrar ao continente, seguindo basicamente as zonas climáticas para Sergipe, a saber: litoral, agreste e sertão. Segundo Franco (1983), à medida que as isoietas vão diminuindo, ao penetrar no continente, vão desaparecendo as espécies das Associações Caducifólias originárias da Floresta Atlântica e aparecendo, em número crescente até predominarem completamente, as espécies xerófilas, espécies da Caatinga.

De acordo com o Diagnóstico Florestal da SRH (2014), o município de Poço Verde

possui menor densidade de cobertura florestal que Canindé de São Francisco (Figura 6). Em Poço Verde, a despeito da menor severidade climática, a menor proteção do solo por espécies arbóreas denota maior propensão aos processos erosivos, posto estarem desprotegidos dos agentes intempéricos.

Figura 6- Formações vegetais localizadas no município de Poço Verde e Canindé de São Francisco-Sergipe.



Ademais, tendo em vista à importância do clima na configuração dos domínios de natureza, pode-se salientar que, o principal elemento/fator que influencia a distribuição e fisionomia da caatinga brasileira, e mais especificamente sergipana, é a precipitação (LEAL et al, 2003). Portanto, à medida que a vegetação se afasta das fontes de suprimento de umidade, seja do oceano (no caso dos relictos e enclaves³), ou dos rios, lagos, dentre outros corpos hídricos, a mesma assume fisionomia vegetal de regiões áridas.

2.2.2 Aspectos climatológicos

O clima² é um dos fatores mais dinâmicos da esfera geográfica, podendo ser considerado o subsistema de maior dominância dentro do sistema natureza, influenciando, tanto os próprios subsistemas da natureza (litologia, vegetação, hidrografia, etc.), como o sistema sociedade, influndo, assim, no desenvolvimento das atividades humanas, tanto em áreas urbanas, como rurais.

Portanto, a expressão dos atributos do clima, contribui de forma decisiva para a organização do espaço, seja ele em escala, zonal, regional ou local. O Brasil, país localizado predominantemente na zona intertropical (94%), e em menor parte na subtropical (6%), recebe energia solar em demasia, quando comparada às altas latitudes. Tal fato aliado aos sistemas de circulação atmosférica (primária, secundária e terciária), confere ao território brasileiro uma diversidade de tipos climáticos, o que refle em seu rico mosaico de paisagens naturais, indo das florestas equatoriais, até as caatingas secas do Nordeste.

Assim, partindo de tal premissa devemos ponderar a escolha pela análise inicialmente em escala regional, para então partirmos para a investigação na escala topoclimática, ou escala local. Tal opção advém, sobretudo pelo fato de que, a escala regional expressa de modo notório todos os processos configuradores da dinâmica dos tipos climáticos, onde podemos observar com maior abrangência a atuação dos sistemas produtores de tempo (ciclones e anticiclones).

Reforçando a ideia da análise regional do clima, Monteiro (1971), afirma que só a

² Entendemos o conceito de clima empregado por Sorre (2006), no qual o clima seria a série de estados atmosféricos sobre determinado lugar em sua sucessão habitual.

“análise rítmica”³ detalhada ao nível de "tempo", revelando a gênese dos fenômenos climáticos pela interação dos elementos e fatores, dentro de uma realidade regional, é capaz de oferecer parâmetros válidos à consideração dos diferentes e variados problemas geográficos de uma região.

Segundo Monteiro (*op. cit.*):

A insistência no caráter “regional” advém do fato de que o ritmo de sucessão de tipos de tempo se expressa no espaço geográfico na escala regional. Os mecanismos da circulação atmosférica, partindo de centros de ação ou unidades celulares, individualizam-se em “sistemas” que se definem sob a influência dos fatores geográficos continentais e se expressam regionalmente através do ritmo de sucessão dos tipos de tempo (MONTEIRO, 1971, p. 12).

O caráter regional do clima reveste-se de importância por apresentar os comportamentos gerais do nível zonal (circulação primária), e também os múltiplos fatores impressos na escala local (circulação terciária). Nesse sentido, Monteiro (1964), ressalta que, se a **escala zonal** generaliza, pelas leis gerais da influência da latitude sobre a radiação – fundamento básico da energia terrestre – e a **escala local** diversifica e multiplica, pela influência dos múltiplos e pequenos fatores das diferentes esferas do domínio geográfico, **a escala regional lhes dá a verdadeira unidade geográfica** (grifos nosso).

Deste modo, buscou-se primariamente caracterizar a dinâmica climática regional do Nordeste do Brasil, doravante denominado como (NEB), seus sistemas atmosféricos de macroescala e mesoescala, para então decompor os sistemas de circulação local, condicionados pelos fatores geográficos da área de estudo, a saber: o município de Poço Verde e Canindé de São Francisco, localizados no alto sertão sergipano.

Portanto, apesar de apresentar uma diversidade de tipos climáticos, com climas predominantemente quentes com baixas amplitudes térmicas, com exceção de sua faixa subtropical, onde imperam temperaturas mais baixas, e amplitudes térmicas mais acentuadas, o território brasileiro possui uma singularidade no que diz respeito à distribuição da precipitação em sua porção Nordeste, apresentando grande variabilidade interanual no volume e distribuição das chuvas, apesar de estar localizado próximo a várias fontes de umidade (Floresta Amazônica e Oceano Atlântico).

³Para Monteiro (1971), o Ritmo climático só poderá ser compreendido através da representação concomitante dos elementos fundamentais do clima em unidades de tempo cronológico pelo menos diárias, compatíveis com a representação da circulação atmosférica regional, geradora dos estados atmosféricos que se sucedem e constituem o fundamento do ritmo. Segundo Ab’Sáber (2006), a

O NEB é uma região constituída pelos Estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Piauí, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Sergipe, perfazendo uma área de 1.558.196 km². Localiza-se no extremo Nordeste na América do Sul, a leste da maior floresta tropical do mundo. Banhada ao norte e a leste pelo oceano Atlântico, limitada a oeste pelo meridiano de 47°W e ao sul pelo paralelo de 18°S. Malgrado tal localização, o NEB não apresenta uma distribuição de chuvas típicas das áreas equatoriais (KAYANO, 2009).

Para Ab'saber (1974), os climas sertanejos do NEB constituem-se exceção em relação aos climas zonais peculiares às faixas de latitudes similares. Para o referido autor, o clima do NEB pode ser considerado um clima azonal, de expressão regional. Portanto, o NEB apresenta acentuada variabilidade interanual, sobretudo na precipitação, com alguns anos extremamente secos e outros extremamente chuvosos. Segundo Kayano (2009), essa região é uma das principais áreas da América do Sul, onde os sinais da variabilidade intrassazonal são mais evidentes.

Segundo Kayano (2009), no que diz respeito à temperatura, o NEB apresenta valores elevados cuja média anual varia de 20° a 28°C. Nas áreas situadas acima de 200m e no litoral leste, as temperaturas variam de 24° a 28°C. As exceções encontram-se nas áreas mais elevadas da Chapada da Diamantina e do Planalto da Borborema, com médias anuais inferiores a 20° C. Contudo, embora de modo geral, apresente altas temperaturas quando comparadas às demais regiões brasileiras, algumas localidades do NEB possuem variações nesse elemento, advindas, sobretudo, dos atributos/fatores geográficos de escala local (continentalidade, maritimidade, altitude).

Os principais fatores climáticos que influenciam a distribuição dos elementos do clima no NEB, e que influenciam em sua variação sazonal são, sua posição geográfica (latitude/continentalidade/maritimidade), seu relevo, a natureza da superfície e, sobretudo os sistemas de pressão atuantes na região, que irão atuar na configuração da circulação atmosférica (primária, secundária e, sobretudo terciária).

No que diz respeito aos fatores estáticos, o relevo do NEB apresenta-se composto de dois extensos planaltos, Borborema e a Bacia do Rio Parnaíba, e de algumas áreas altas que formam as chapadas, como a Diamantina e Araripe. Entre tais formações ficam localizadas as depressões, nas quais localiza-se o sertão (área mais complexa do ponto de vista climático) (KAYANO, 2009). Quanto ao fator estático vegetação, o NEB é composto predominantemente pelo domínio morfoclimático da caatinga, apresentando diversas

associações (floresta tropical úmida de encosta, cerrado, manguezal e restingas), condicionadas, sobretudo pelas variações nos tipos climáticos, e no relevo local.

Quanto aos fatores dinâmicos que condicionam o clima da região NEB em grande escala, de acordo com Kayano (2009), são principalmente os Anticiclones Subtropicais do Atlântico Sul (ASAS) e do Atlântico Norte (ASAN), e do cavado equatorial, cujas variações sazonais de intensidade e posicionamento definem o clima da região.

Para Araújo (2015), os regimes pluviométricos dependem fundamentalmente da atuação dos sistemas meteorológicos e a variação intrasazonal desses sistemas é responsável pelo posicionamento médio de cada um na atmosfera (Figura 7).

Ao elaborar uma classificação dos sistemas meteorológicos atuantes na produção do tempo no Nordeste brasileiro, Araújo (2015) destaca os seguintes sistemas e suas respectivas características: a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN), os Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM), as Brisas, Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL), A Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), os Sistemas Frontais e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).

Figura 7 - Representação esquemática dos sistemas meteorológicos atuantes no NEB. ZCIT: Zona de Convergência Intertropical; LI: Linhas de Instabilidade; SCM: Sistemas Convectivos de Mesoescala; VCAN: Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis; ZCAS: Zona de Convergência do Atlântico Sul; FF: Frente Fria; ASAS: Alta Subtropical do Atlântico Sul; ASE: Alísio de Sudeste; ANE: Alísio de NE.



A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é formada pela interação entre uma grande região de confluência dos ventos alísios de nordeste e de sudeste (ANE e

ASE), a região do cavado equatorial, as áreas de máxima Temperatura da Superfície do Mar (TSM) e as áreas de máxima convergência de massa. A ZCIT tem como característica principal uma banda de nebulosidade no sentido leste-oeste sobre a região tropical (UVO, 1989; MOLION; BERNARDO, 2002), no qual, devido a sua variabilidade sazonal e interanual, essa consegue modular a pluviometria da região NEB. Este é o mecanismo mais importante na produção de chuva para o setor norte do Nordeste, durante a quadra chuvosa que ocorre de fevereiro a maio.

Os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) são definidos como sistemas fechados de baixa pressão, de escala sinótica, que se formam em altos níveis na atmosfera (GAN, 1982). Os VCANs que atingem a região Nordeste do Brasil, tem origem no Oceano Atlântico Tropical Sul e geralmente seguem uma trajetória de leste para oeste, com maior frequência entre os meses de janeiro e fevereiro. No centro do vórtice os movimentos são subsidentes inibindo a formação de nuvens. Entretanto, devido ao movimento ascendente na borda do vórtice, muitas nuvens são formadas provocando fortes chuvas nos setores norte e oeste do Nordeste. Essa precipitação provocada depende da posição do centro do vórtice (GAN, 1982).

Os Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM) são formados por nuvens cumulonimbus com um crescimento vertical explosivo em um intervalo de tempo entre 6 a 12 horas. Geralmente essas nuvens são frias, espessas e apresentam uma forma circular, sendo associadas a eventos de precipitação intensa com fortes rajadas de vento (MADDOX, 1980; SILVA DIAS, 1987). Os SCM são mais comuns em regiões de latitudes médias, entretanto alguns episódios de SCM foram observados sobre a região Nordeste do Brasil (SILVA et al., 1994).

As Brisas ocorrem quando há um contraste de temperatura entre o continente e o oceano, gerando um gradiente horizontal de pressão e provocando uma circulação do ar local, levando umidade para o interior do continente e amenizando as temperaturas elevadas nas regiões tropicais. Estas brisas, quando associadas as linhas de instabilidade, são responsáveis por uma quantidade apreciável de precipitação em sua região de influência (KOUSKY, 1980).

Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL) são ondas que se formam no campo de pressão atmosférica, na faixa tropical do globo terrestre, na área de influência dos ventos alísios, e se deslocam de oeste para leste, vindo desde a costa da África até o litoral leste do Brasil. Este sistema provoca chuvas principalmente na Zona da Mata que se estende desde

o Recôncavo Baiano até o litoral do Rio Grande do Norte e ocorre com maior frequência nos trimestres Março, Abril, Maio (MAM) e Junho, Julho, Agosto(JJA) onde as ondas apresentam amplitudes maiores e propagação de fase de forma mais organizada. As ondas tem características diferentes em cada trimestre, em MAM as ondas são mais curtas e lentas enquanto que em JJA as ondas são mais longas e rápidas (FERREIRA et al., 1990).

A Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) por ter uma grande variabilidade interanual e sazonal, pode influenciar o transporte de umidade para o Nordeste do Brasil. Dependendo do seu posicionamento e deslocamento pode gerar condições propícias para a formação de nuvens e consequentemente chuva. Bastos e Ferreira (2000), construíram uma análise climatológica da ASAS, onde observaram que no trimestre correspondente ao inverno (JJA) a configuração dos ventos favorece o litoral leste do NE devido ao transporte de vapor de água oriundo do Atlântico Sul.

Os Sistemas Frontais que tem origem em latitudes altas e médias no hemisfério sul, podem atingir as latitudes tropicais quando os padrões de circulação em latitudes subtropicais são favoráveis. A ocorrência destes sistemas frontais em latitudes subtropicais influencia de maneira significativa o regime de chuvas no setor sul do Nordeste, onde há casos de frentes frias intensas que adentraram o sul da Bahia. Esses eventos são bastante frequentes de novembro a fevereiro e apresentam uma grande variabilidade interanual (VIRJI; KOUSKY, 1983).

A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) é definida como uma persistente banda de nebulosidade e precipitação com orientação noroeste-sudeste, que se estende desde o sul e leste da Amazônia até o sudoeste do Oceano Atlântico Sul (CARVALHO et al., 2004). A ZCAS também pode influenciar a precipitação do sul da região Nordeste do Brasil, segundo Chaves e Cavalcanti (2001) o deslocamento para norte da sua posição climatológica está associado a uma mudança no padrão do escoamento em baixos níveis, fazendo com que o transporte de umidade da Amazônia siga em direção ao sul do NEB.

No mesmo sentido Anjos (2012), destaca que nesse contexto, têm-se os ventos de baixos níveis associados aos sistemas de pressão: os alísios de sudeste, na borda norte do ASAS e os alísios de Nordeste, na borda sul do ASAN. Além do que, no eixo do Doldrum está a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), cujas variações em posição e intensidade estão ligadas, em parte, à simetria do ASAS e ASAN, influenciam predominantemente as precipitações no NEB.

Para Uvo e Berndtsson (1996, *apud* Ferreira e Melo 2005), cinco principais mecanismos governam o regime de chuva da região do NEB: 1) Eventos El Niño-Oscilação Sul (ENOS); 2) Temperatura da superfície do mar (TSM) na bacia do oceano Atlântico, Ventos Alísios, Pressão ao Nível do Mar (PNM); 3) Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o oceano Atlântico, 4) Frentes Frias, e 5) Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN). Além desses mecanismos podemos destacar também a atuação das linhas de Instabilidade (LI), dos Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM), e do efeito das brisas marítima e terrestre na precipitação.

De acordo com Molion e Bernardo (2002), dentre os mecanismos de grande escala, destacam-se os sistemas frontais e a zona de convergência intertropical (ZCIT). Perturbações ondulatórias no campo dos ventos Alísios, complexos convectivos e brisas marítima e terrestre fazem parte da mesoescala, enquanto circulações orográficas e pequenas células convectivas constituem-se fenômenos da microescala.

Ainda segundo Molion e Bernardo (2002), um mecanismo importante de produção de chuva para o sul do Nordeste (SNE) e para o este do Nordeste (ENE) é a penetração de sistemas frontais, ou seus restos, entre as latitudes 5°S e 18°S.

Molion e Bernardo (*op. cit.*), destacam que:

A variabilidade interanual da distribuição de chuvas sobre o NEB, tanto nas escalas espacial quanto temporal, está intimamente relacionada com as mudanças nas configurações de circulação atmosférica de grande escala e com a interação oceano-atmosfera no Pacífico e no Atlântico. O impacto causado pelo fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS), um exemplo de perturbação climática de escala global, pode ser sentido principalmente pela modificação no regime e no total de precipitação que, dependendo da intensidade do evento, pode resultar em secas severas, interferindo, de forma expressiva, nas atividades humanas (MOLION; BERNARDO, 2002, p. 1).

Nesse sentido, Nobre e Molion (1988) concluem que, na fase quente dos eventos ENSO (El Niño), o ramo ascendente da Circulação Hadley-Walker, usualmente sobre a Amazônia, seja deslocado para sobre as águas anormalmente quentes do Pacífico Este ou Central, produzindo centros ciclônicos nos altos níveis sobre o norte/nordeste da América do Sul e uma forte subsidência sobre essa região e sobre o Atlântico tropical. Essa subsidência enfraqueceria a ZCIT e a convecção sobre o NEB, diminuindo as chuvas.

De acordo com Kayano (2009), os sistemas de circulação atmosférica regionais e os sistemas sinóticos atuantes no NEB podem ter origem interna ou externa à região, e

constituem os principais fatores dinâmicos que determinam a precipitação sazonal.

Ademais, não obstante todas as informações ora discutidas sobre os sistemas de circulação atmosférica (primária, secundária e terciária), deve-se salientar a influência preponderante da temperatura da superfície do mar (TSM) sobre a precipitação no NEB. A TSM, aliada aos fenômenos atmosféricos associados, “El Niño”⁴ e “La Niña”, irão influenciar de forma direta na distribuição da precipitação no NEB, ocasionando assim, a irregularidade interanual na ocorrência deste elemento climático, que por conseguinte, altera de forma significativa o desenvolvimento das atividades humanas nesta região.

O clima é um fenômeno dominante na configuração do domínio das depressões interplanálticas semiáridas do Nordeste (o domínio das caatingas) e, por conseguinte do semiárido do São Francisco Sergipano. Portanto, sua influência é preponderante para a formação do quadro geocológico da caatinga sergipana, sendo assim responsável, principalmente pela formação dos solos e da vegetação deste domínio paisagístico, e por extensão, atua na configuração da susceptibilidade ao desencadeamento da desertificação nesse espaço.

Conforme salientado, além das altas temperaturas e baixos índices pluviométricos característicos dos climas semiáridos. O NEB e, mais especificamente, a região do Sertão do São Francisco Sergipano apresentam irregularidade na incidência das chuvas, o que acarreta em incertezas quanto aos meses chuvosos, modificando o calendário agrícola, e por vezes ocasionando maiores perdas para os agricultores nordestinos.

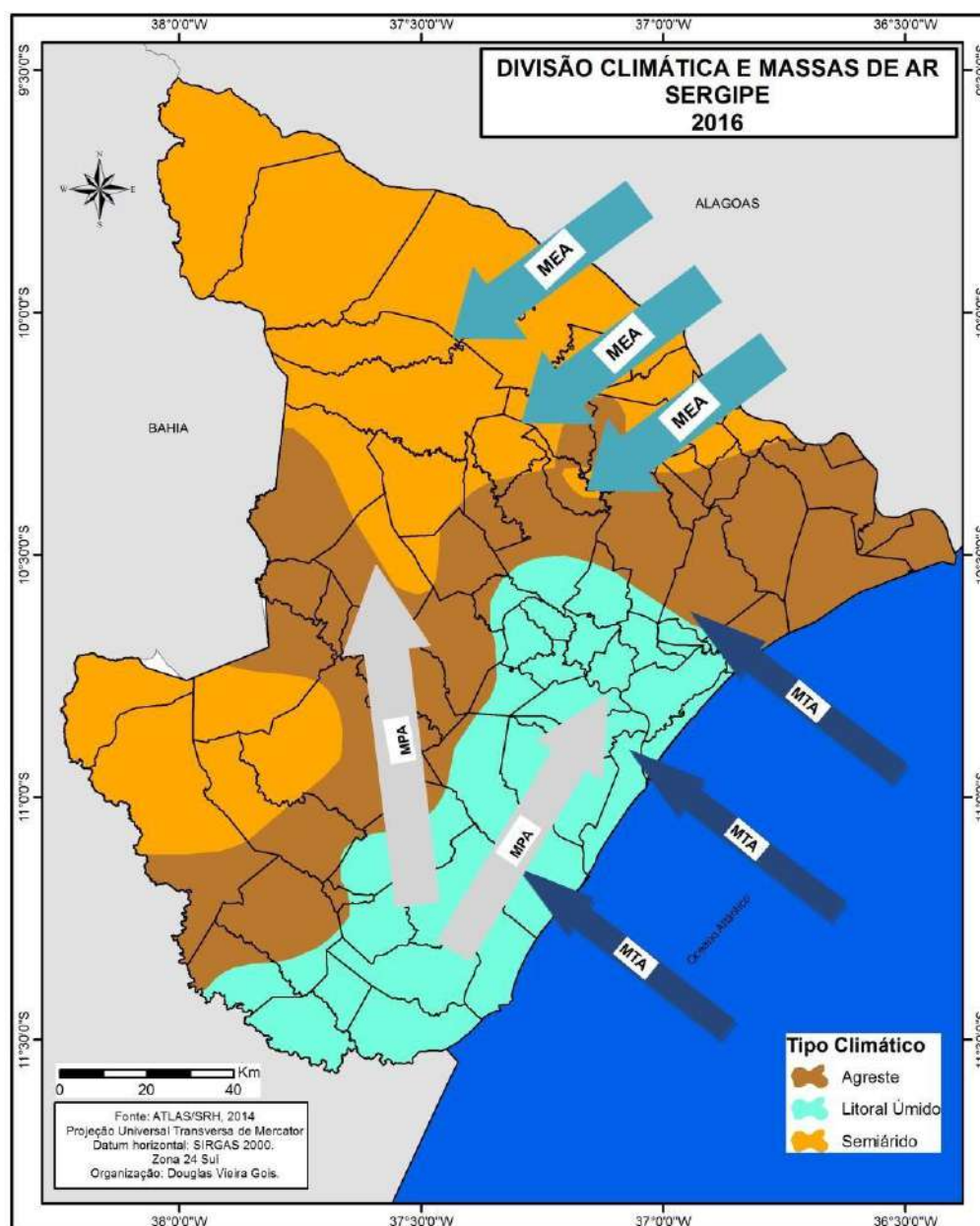
No estado de Sergipe, de acordo com Costa et al. (2011) no que diz respeito aos sistemas atmosféricos indutores de chuva, existem, no mínimo, seis sistemas meteorológicos atuantes que determinam precipitação significativa: a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), as bandas de nebulosidade associadas a frentes frias, os

⁴ Em anos de El Niño, quando as águas superficiais da Bacia do Pacífico, em torno do Equador, e sobre o lado centro-leste, estão mais aquecidas, toda a convecção equatorial também se desloca para o leste, alterando assim o posicionamento da Célula de Walker. Devido à continuidade da circulação atmosférica, o ar quente sobre aquela região é empurrado, originando uma célula descendente sobre o Oceano Atlântico, próximo à região Nordeste do Brasil (NEB) e à Amazônia oriental. Dependendo da intensidade dessa célula de circulação e de sua fase de ocorrência, pode haver inibição da formação de nuvens e descida da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e, conseqüentemente, pode haver deficiência das chuvas na região do NEB. Assim, o fenômeno El Niño, é um dos responsáveis pela redução das chuvas na região norte do Nordeste do Brasil (NEB) (FERREIRA E MELO, 2005).⁷ O fenômeno La Niña (resfriamento anômalo das águas do Oceano Pacífico) associado ao dipolo negativo do Atlântico (favorável às chuvas), é normalmente responsável por anos considerados normais, chuvosos ou muito chuvosos na região Nordeste do Brasil (FERREIRA E MELO, 2005).

Distúrbios de Leste, os ciclones na média e na alta troposfera do tipo baixas frias (conhecidos como Vórtices Ciclônicos de Ar Superior - VCAS), as brisas terrestre e marítima e as oscilações de 30-60 dias.

Segundo Pinto (2007), a distribuição das chuvas no estado segue o padrão espacial regional decrescendo o seu volume com o afastamento da fonte de suprimento da umidade no oceano. As chuvas residuais que ocorrem em outubro, embora reduzidas a fracas manifestações próximas ao litoral, são resultantes da influência da superfície oceânica através das temperaturas das águas (Figura 8).

Figura 8- Divisão Climática e massas de ar atuantes no estado de Sergipe.



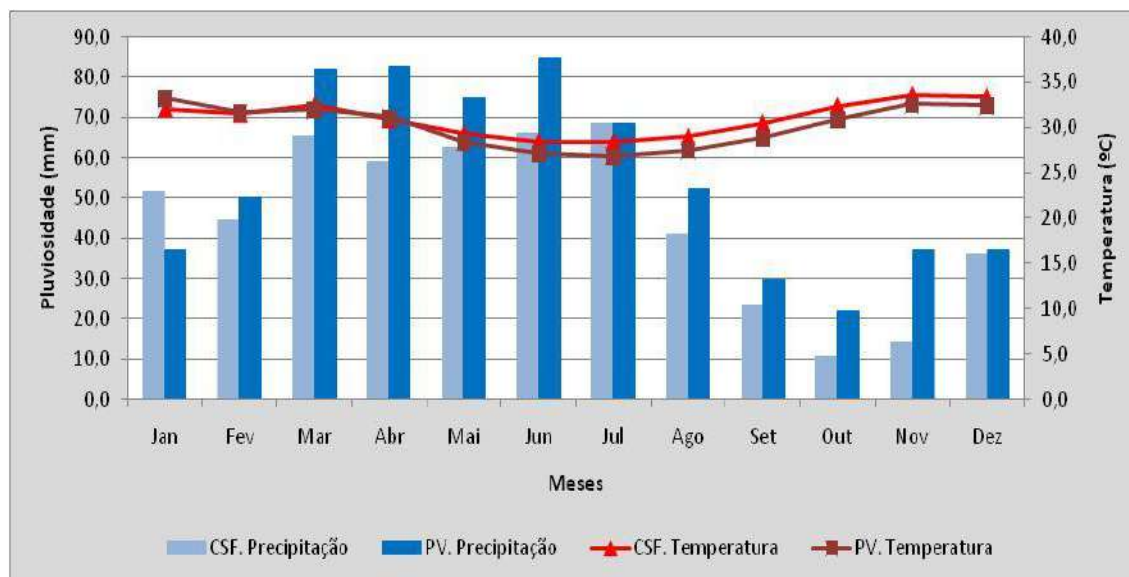
Fonte: DINIZ ET AL. (2014). Organização: GOIS (2016).

As principais massas de ar responsáveis por precipitações pluviométricas em Sergipe são a Massa Equatorial do Atlântico Sul (MEAS) que atua mais a noroeste do estado; a Massa Polar Atlântica (MPA) e a Massa Tropical Atlântica (MTA) que atuam prioritariamente no restante do estado e são bastante influenciadas pela continentalidade (DINIZ et al., 2014).

De acordo com Diniz et al. (2014), o semiárido sergipano, apesar de manter o mesmo regime com máximo índice pluviométrico no mês de maio e sendo influenciado pelas mesmas massas de ar do litoral, a continentalidade se apresenta como fator limitante para a atuação da MTA e, em especial, da MPA que não avançam muito para longe do litoral. Vale ressaltar que, quando ocorre esse fato, o tempo de atuação dessas massas é bem menor, diminuindo o número de meses úmidos (Figura 8).

Seguindo o padrão do semiárido brasileiro, o sertão sergipano possui regime de chuvas escassas e irregulares, as precipitações apresentam alta variabilidade interanual e acentuados contrastes espaciais (figura 9), tornando assim difícil o desenvolvimento das atividades produtivas.

Figura 9- Climograma Pluviosidades e Temperaturas Médias Mensais - (Poço Verde e Canindé de São Francisco-SE): 1963-2010.



Fonte: SRH-SE (2014). Organização: GOIS (2019).

Os municípios de Poço Verde e Canindé de São Francisco, localizados, respectivamente, no sudoeste e noroeste do estado de Sergipe apresentam clima semiárido com altas temperaturas durante o ano. O município de Canindé de São Francisco possui temperatura média compensada de 25,2°C e máximas com média de 31°C, aliadas a baixos

totais anuais de precipitação pluviométrica, em média 541,6 mm, enquanto que Poço Verde apresenta temperatura média compensada de 23,7°C e máximas com média de 30,2 °C, aliadas a baixos totais anuais de precipitação pluviométrica, em média 656,5 mm. Ambos possuem irregularidade temporal quanto aos meses secos e chuvosos (Figura 9).

Segundo Diniz et al. (2014), os cerca de 61,7 mm de precipitação em abril atestam a participação da ZCIT (através da MEAS) nas chuvas no extremo noroeste do estado de Sergipe, o que favorece a maior incidência de chuvas na área de estudo.

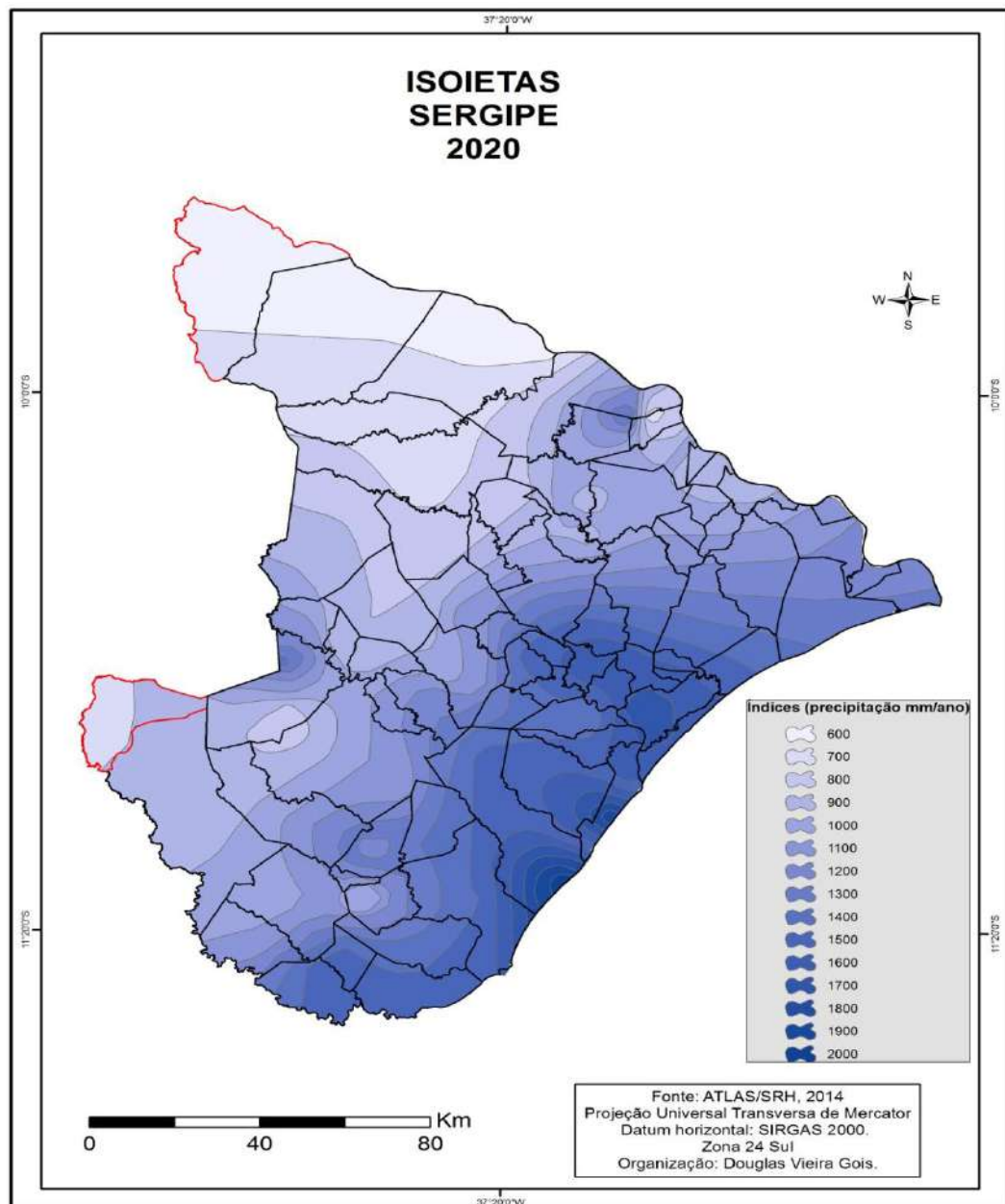
Do ponto de vista do estado médio da atmosfera, com base nas normais climatológicas, o município de Canindé de São Francisco apresenta 8 meses secos⁵, sua estação chuvosa acontece entre os meses de março e julho, apresentado máximo de precipitação de cerca de 84,8 mm em junho e mínima de cerca de 10,6 mm em outubro. Já o município de Poço Verde apresenta de 6 a 8 meses secos, sua estação chuvosa coincide com Canindé de São Francisco, e possui máximo de precipitação de cerca de 68,4 mm em junho e mínima de cerca de 22,0 mm em outubro

Contudo, faz-se necessário salientar que tais índices correspondem às médias, portanto, não representam o comportamento habitual de todos os anos, sobretudo por se tratar de uma zona climática onde se têm uma elevada irregularidade sazonal no ritmo das chuvas.

Embora a dinâmica climática e, por conseguinte a distribuição das chuvas não obedeçam à limites rígidos, o mapa da figura 8 nos proporciona uma noção da dinâmica pluviométrica em Poço Verde e Canindé de São Francisco, haja visto suas interações com os fatores dinâmicos (massas de ar) e estáticos (relevo) que configuram diferentes índices das variáveis climáticas dentro do município (Figura 10).

⁵ Considerou-se mês seco aquele cujo total das precipitações em milímetros é igual ou inferior ao dobro da temperatura média em Graus Celsius ($P \leq 2T$).

Figura 10- Distribuição das Isoietas no estado de Sergipe, com destaque nos municípios de Poço Verde e Canindé de São Francisco-SE.



Ademais, destaca-se que os baixos índices pluviométricos e sua irregularidade interanual, aliados a alta evapotranspiração que configura altos índices de aridez (0,38), são os principais fatores responsáveis pelo desencadeamento do processo de desertificação, haja vista a importância das chuvas para a formação dos horizontes dos solos, e, por conseguinte para a vegetação. Portanto, tal condição de irregularidade temporo-espacial desestabiliza os sistemas ambientais e sociais.

2.2.3 Aspectos pedológicos

No semiárido brasileiro, em consequência da diversidade de material de origem, de relevo e da intensidade de aridez do clima, verifica-se a ocorrência de diversas classes de solo, as quais se apresentam em grandes extensões de solos jovens e, também, solos evoluídos e profundos (CUNHA et al., 2008).

Jacomine (1996) assevera que na região semiárida, existe uma grande diversidade de litologias e material originário, relevo e regime de umidade do solo, e esses fatores dão como resultados a presença de diversas classes de solos, as quais apresentam diferentes feições morfológicas e posições na paisagem.

De acordo com Correa et al. (2014), as classes de solos do semiárido brasileiro e sua relação com os processos erosivos podem ser divididos em dois grandes grupos: os dos solos tipicamente semiáridos e os reliquiais, estando alguns em desequilíbrio biopedoclimático.

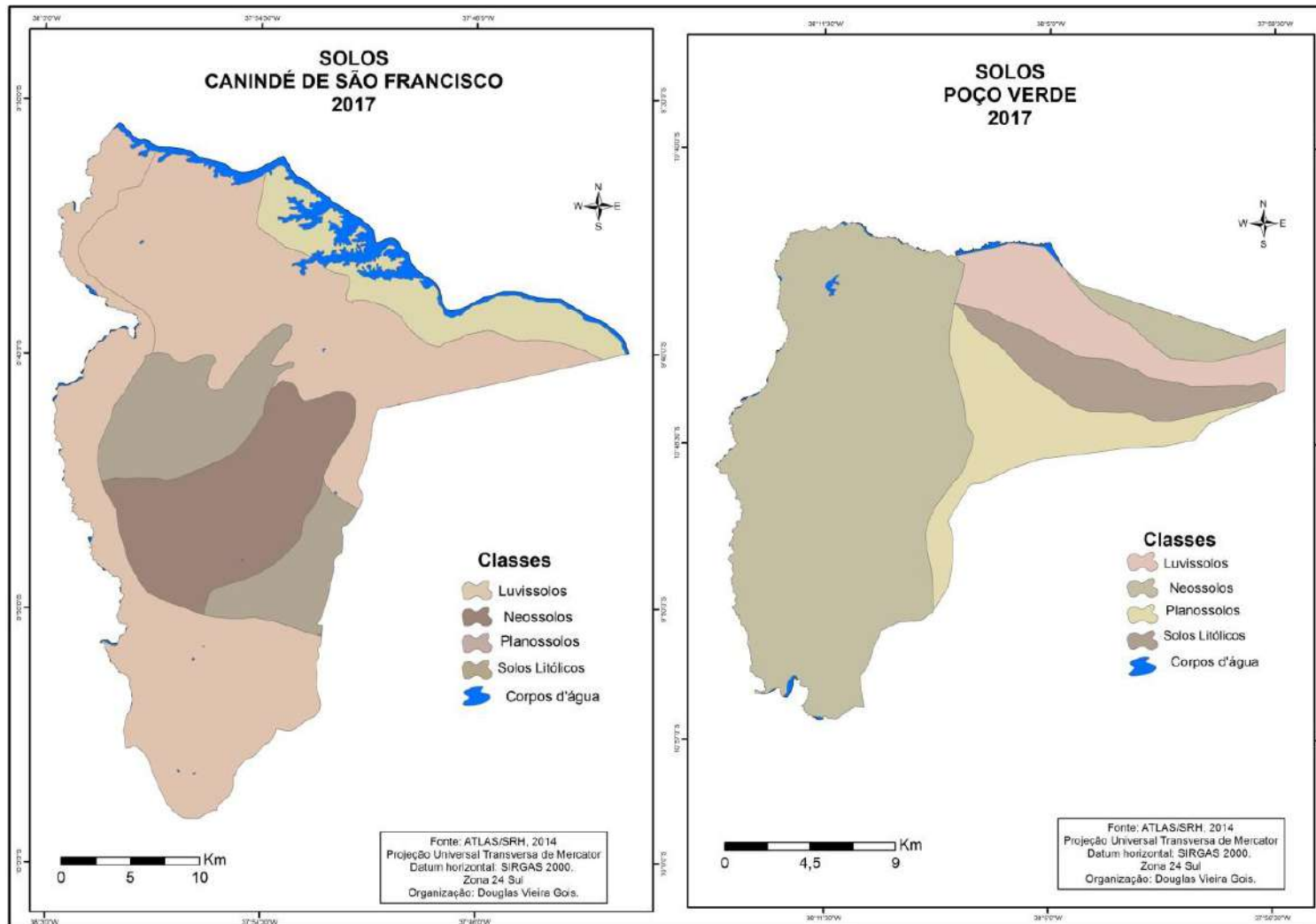
As classes de solos associadas à dinâmica climática atual são os neossolos, luvisolos, planossolos e vertissolos, enquanto as classes não diretamente relacionadas com o clima atual são os latossolos e argissolos.

Os luvisolos compreendem solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B textural com argila de atividade alta e saturação de bases elevada, imediatamente abaixo do horizonte A ou horizonte E. Apresentam diversos horizontes superficiais, exceto A chernozêmico e horizonte hístico. Quando Luvisolos Crômicos: solos com caráter crômico na maior parte do horizonte B (JACOMINE, 2009).

São solos de profundidade mediana, com cores desde vermelhas a acinzentadas, horizonte B textural ou nítico abaixo de horizonte A fraco moderado ou horizonte E, argila de atividade alta e alta saturação por bases. Geralmente apresentam razoável diferenciação entre os horizontes superficiais e os subsuperficiais (IBGE, 2007).

Os luvisolos variam de bem a imperfeitamente drenados, sendo normalmente pouco profundos (60 – 120 cm), com sequência de horizontes A Bt e C, e nítida diferenciação entre A e Bt, devido ao contraste de textura, cor e/ou estrutura entre os mesmos (MENDONÇA, 2006).

Figura 11- Classes de solos no município de Poço Verde e Canindé de São Francisco-SE.



Em Canindé de São Francisco, há uma predominância dos Luvisolos que representam (40%) da área do município, seguido dos Neossolos (26%), litólicos (8%) e dos Planossolos (26%). Portanto, a área em estudo apresenta grandes extensões de seu território com solos que possuem alta suscetibilidade à erosão e, por conseguinte, maior predisposição ao desencadeamento de degradação ambiental (Figura 11).

Em Poço Verde, há uma predominância dos Neossolos que representam (45%) da área do município, seguido dos Planossolos (26%), luvisolos (17%) e dos Planossolos (12%). Portanto, a área em estudo apresenta grandes extensões de seu território com solos que possuem alta suscetibilidade à erosão e, por conseguinte, maior predisposição ao desencadeamento de degradação ambiental

Segundo Lepsch (2010), a pequena espessura do luvisolo crômico do semiárido é devida, principalmente, pelas condições de clima, com chuvas escassas e mal distribuídas. A escassez de umidade dificulta a decomposição das rochas e, assim originar o aprofundamento do solo. É comum a ocorrência, sobre a superfície de uma camada, de fragmentos rochosos de tamanhos variados, deixados pela erosão, que remove as partículas menores e não consegue mover os cascalhos, devido ao seu tamanho.

De acordo com Albuquerque et al. (2002), as perdas anuais de solo do tipo Luvisolos em áreas desmatadas do semiárido chegam a alcançar $58,5 \text{ t/ha}^{-1}$. Isto ocorre, pois a susceptibilidade à erosão hídrica é uma de suas características; potencializada pela morfologia do terreno, intensidade pluviométrica, cobertura vegetal decídua e técnicas agrícolas tradicionais.

No que diz respeito à relação com substrato geológico, os Luvisolos ocupam grande extensão e estão relacionados as áreas cristalinas do sertão nordestino, onde é frequente a presença de pavimento desértico (revestimento pedregoso) na superfície do solo ou dentro do horizonte A, principalmente, com os biotita-gnaiss e biotita-xisto, em áreas de relevo suave ondulado, em condições de drenagem livre (JACOMINE, 1996).

O Neossolo compreende solos constituídos por material mineral ou por material orgânico pouco espesso, que não apresentam alterações expressivas em relação ao material originário, devido à baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos, seja em razão de características inerentes ao próprio material de origem, como pela maior resistência ao intemperismo ou composição químico-mineralógica, ou por influência dos demais fatores de formação (clima, relevo ou tempo), que podem impedir ou limitar a

evolução desses solos (MENDONÇA, 2006). Por conseguinte, são solos constituídos por material mineral ou por material orgânico com menos de 20 cm de espessura, não apresentando qualquer tipo de horizonte “B” diagnóstico (MENDONÇA, 2006).

Os Neossolos Litólicos são solos com horizonte A ou hístico, assentes diretamente sobre a rocha, sobre horizonte e/ou Cr, ou sobre material com 90% (por volume) ou mais de sua massa constituída por fragmentos de rocha com diâmetro maior que 2 mm, que apresentam um contato lítico ou fragmentário dentro de 50cm da superfície do solo (BRASIL, 2007).

Os Neossolos Litólicos predominam em áreas com declives fortes de áreas com relevo movimentado. Essa classe de solo tem muitas limitações ao uso agrícola, pelo fato da rocha situar-se a pouca profundidade e as pedras serem freqüentes na superfície (LEPSCH, 2010).

Conforme ressaltam Oliveira et al. (2008), os Neossolos apresentam baixa tolerância à erosão, com valores entre 5,41 e 6,30 t ha⁻¹ ano⁻¹. De acordo com os autores, esta característica pode ser explicada pela baixa profundidade efetiva, resultando em uma baixa infiltração e aumento dos riscos de erosão. Os Neossolos possuem suscetibilidade à erosão muito alta em qualquer dos casos, determinada, basicamente, pela ocorrência do substrato rochoso a pequena profundidade (CUNHA et al., 2010).

O Planossolo compreende solos minerais imperfeitamente ou mal drenados, com horizonte superficial ou subsuperficial eluvial, de textura mais leve, que contrasta abruptamente com o horizonte B ou com transição abrupta conjugada com acentuada diferença de textura do A para B imediatamente subjacente, adensado, geralmente de acentuada concentração de argila, permeabilidade lenta ou muito lenta, constituindo, por vezes, um horizonte plânico, responsável pela formação de lençol d’água sobreposto (suspensão), de existência periódica e presença variável durante o ano (MENDONÇA, 2006).

A classe supracitada ocorre preferencialmente em áreas de relevo plano ou suave ondulado, onde as condições ambientais e do próprio solo favorecem a permanência cíclica anual de excesso de água, mesmo que de curta duração, especialmente em regiões sujeitas à estiagem prolongada, e até mesmo sob condições de clima semiárido (SANTANA e SANS, 2008).

Planossolos são solos constituídos por material mineral, que têm como características diferenciais a presença de horizonte B textural de argila de atividade baixa,

ou alta, conjugada com saturação por bases baixa ou caráter alético. O horizonte B textural (Bt) encontra-se imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte superficial, exceto o hístico, sem apresentar, contudo, os requisitos estabelecidos para serem enquadrados nas classes dos Luvisolos, Planossolos, Plintossolos ou Gleissolos (JACOMINE, 2009).

O maior teor de argila dos solos nas classes do Neossolos e Luvisolos, em seus horizontes superficiais, não conduz a infiltração da água, o que favorece a dinâmica erosiva superficial (CORREA et. al. 2014).

Os Planossolos, em face do marcado gradiente textural entre o horizonte superficial arenoso e o subsuperficial argiloso, favorecem a infiltração e o escoamento subsuperficial da água. Contudo, a exposição de perfis de planossolo ao longo de cursos d'água, seja pela erosão fluvial espasmódica, ou pela retirada da vegetação nativa e do estrato herbáceo pelo sobrepastoreio e práticas tradicionais de manejo, conduz ao afloramento da linha de exudação, ainda que altamente sazonal, da drenagem hipodérmica, o que favorece a rápida perda do horizonte superficial desses solos pela erosão em sulcos, formando patamares bem marcados na paisagem, entre o horizonte superficial truncado e recuado, e a soleira basal argilosa, e muitas vezes rica em sais, agora exposta a superfície, favorecendo a salinização dos solos (CORREA et. al. 2014).

Do ponto de vista morfológico, os planossolos são muito propensos aos processos erosivos, particularmente aqueles de ação superficial (erosão laminar, por exemplo). A presença de horizonte B textural de muita baixa permeabilidade e a mudança textural abrupta são os principais condicionantes de sua elevada erodibilidade (CUNHA et. al. 2010).

Solos como os Luvisolos, em geral com maiores conteúdos de argila e em relevos bastante dissecados, representam as terras com elevada suscetibilidade à erosão. Já a ocorrência de horizontes superficiais arenosos, bem como o aumento do teor de argila em profundidade, torna os Argissolos e Planossolos medianamente suscetíveis à erosão nas condições climáticas próprias da região (GEOBRASIL, 2007).

Ademais, pode-se destacar que predominam na área de estudo as classes de solos Litólicos, com horizontes pouco desenvolvidos e consideráveis limitações quanto ao uso, alta suscetibilidade à erosão, e risco de salinização e de solonização e, por conseguinte maior propensão ao desencadeamento da degradação/desertificação.

2.2.4 Aspectos geomorfológicos

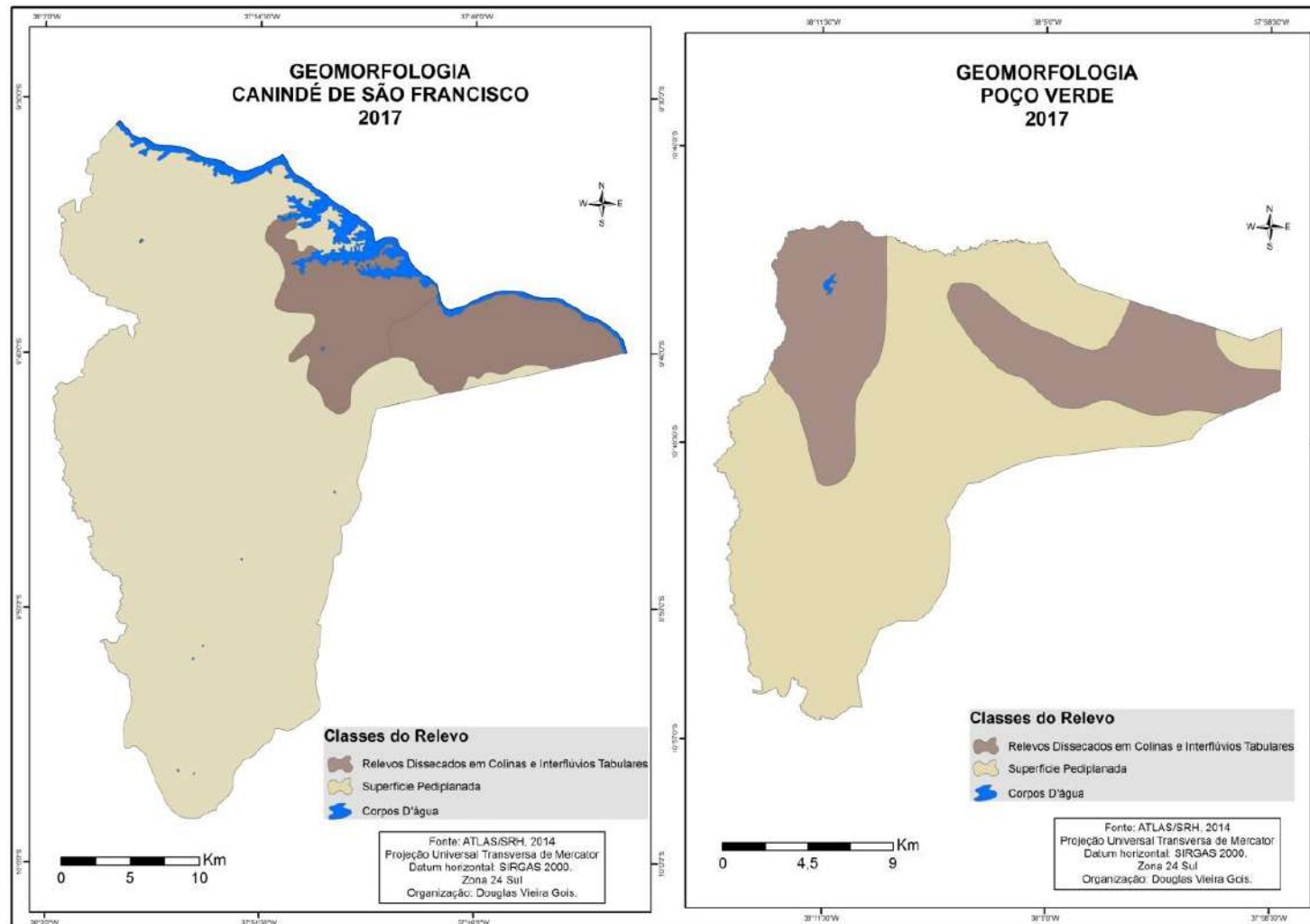
Do ponto de vista geomorfológico, o relevo do estado de Sergipe é pouco movimentado, constituído por um modelado suave com áreas planas e altitudes modestas que aumentam em direção ao interior do continente, onde são encontradas as serras, os pontos mais altos do estado.

Nesse contexto, os municípios de Poço Verde e Canindé de São Francisco, estão inseridos na Depressão Sertaneja do São Francisco, com grandes superfícies de Pediplanos e relevos residuais. A área de estudo é composta por Superfície Pediplanada, com relevo dissecado dos tipos colina e tabular com aprofundamento de drenagem variando de muito fraca a fraca (Figura 12).

O Pediplano sertanejo é caracterizado pela predominância de modelados de dissecção homogênea, ou seja, pela erosão linear, com áreas restritas de dissecção diferencial marcada pelo controle estrutural (rocha e tectônica) que compõem a unidade geológica (MACEDO, 2011).

De acordo com Nunes (2009), o Pediplano Sertanejo é uma superfície de aplainamento elaborada durante fases sucessivas de retomada de erosão sem, no entanto, perder suas características de aplainamento, cujos processos geram sistemas de planos inclinados e às vezes levemente côncavos.

Figura 12- Unidades geomorfológicas no município de Poço Verde e Canindé de São Francisco-SE.



A hipsometria da área comprova a baixa altimetria do relevo apresentando em grande parte da área altitude em torno de 200 metros, chegando a atingir 225 metros na sede de Poço Verde e Canindé de São Francisco (figura 13 e 14). Nas proximidades da Grota de Angico, os registros topográficos estão ao redor dos 100 metros, que diminuem de altitude nas proximidades do Rio São Francisco (VILAR, 2010).

Inserido em todo o território do Alto Sertão Sergipano, o Pediplano Sertanejo ocorre Na retaguarda dos tabuleiros costeiros diferindo das demais unidades geomorfológicas pelo fato de apresentar um relevo com características planas, altitudes modestas e suaves elevações. Na paisagem sobressaem-se algumas elevações residuais tipo *Inselbergs* e outras representadas pelas serras Melancia, Tabanga e Negra, esta última com 750 metros de altitude, localizada na divisa entre os estados da Bahia e Sergipe, considerada a maior elevação do estado (ARAUJO et al., 2011).

De acordo com Araújo et al. (2011), a unidade geomorfológica do Pediplano apresenta solos rasos, pedregosos e secos, pelo fato de localizar-se na Faixa de Dobramentos sergipanos, constituídos por terrenos antigos com afloramentos da rocha matriz. São bastante utilizados para a pecuária de leite e de cultivos temporários.

Decorrente de uma ação mais efetiva e prolongada os agentes de morfogênese mecânica, o Pediplano Sertanejo (figuras 13 e 14) apresenta uma morfologia, sobretudo plana (declividade inferior a 3%), que corresponde a subunidade superfície pediplanizada. É caracterizado, ainda, pela presença de modelado de dissecação homogênea, com áreas restritas de dissecação diferencial, caracterizados por processos erosivos relacionados, sobretudo, com a dinâmica da rede hidrográfica dominante. Tal unidade geomorfológica também possui subunidades de relevos dissecado em colinas, cristas e interflúvios planos, apresentando encostas com declividade entre 3% e 8%, e 8% e 12%, às vezes separados por vales encaixados em “V”, localmente condicionados por falhas (SERGIPE, 2011).

Figura 13- Morfometria do município de Poço Verde -SE.

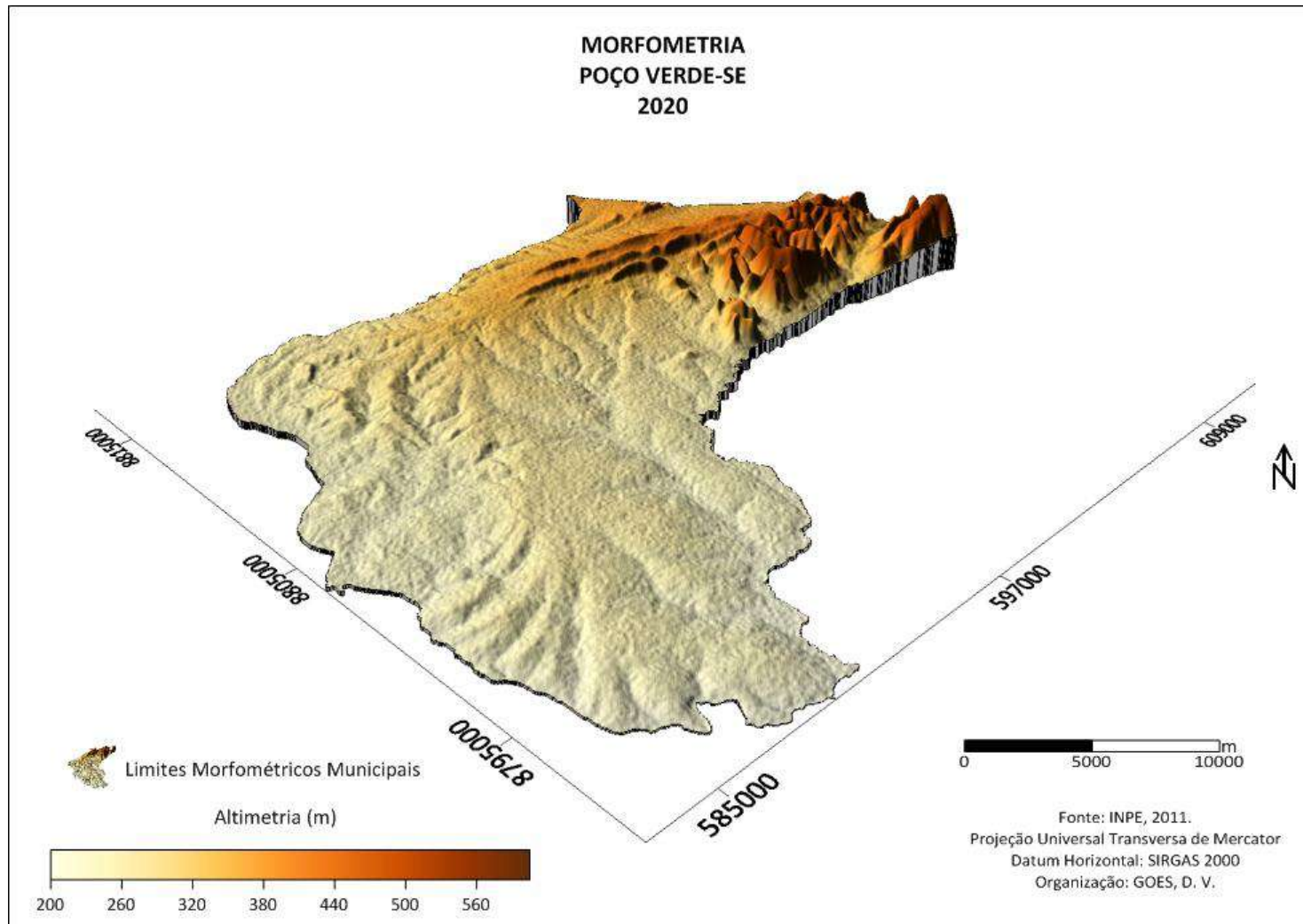
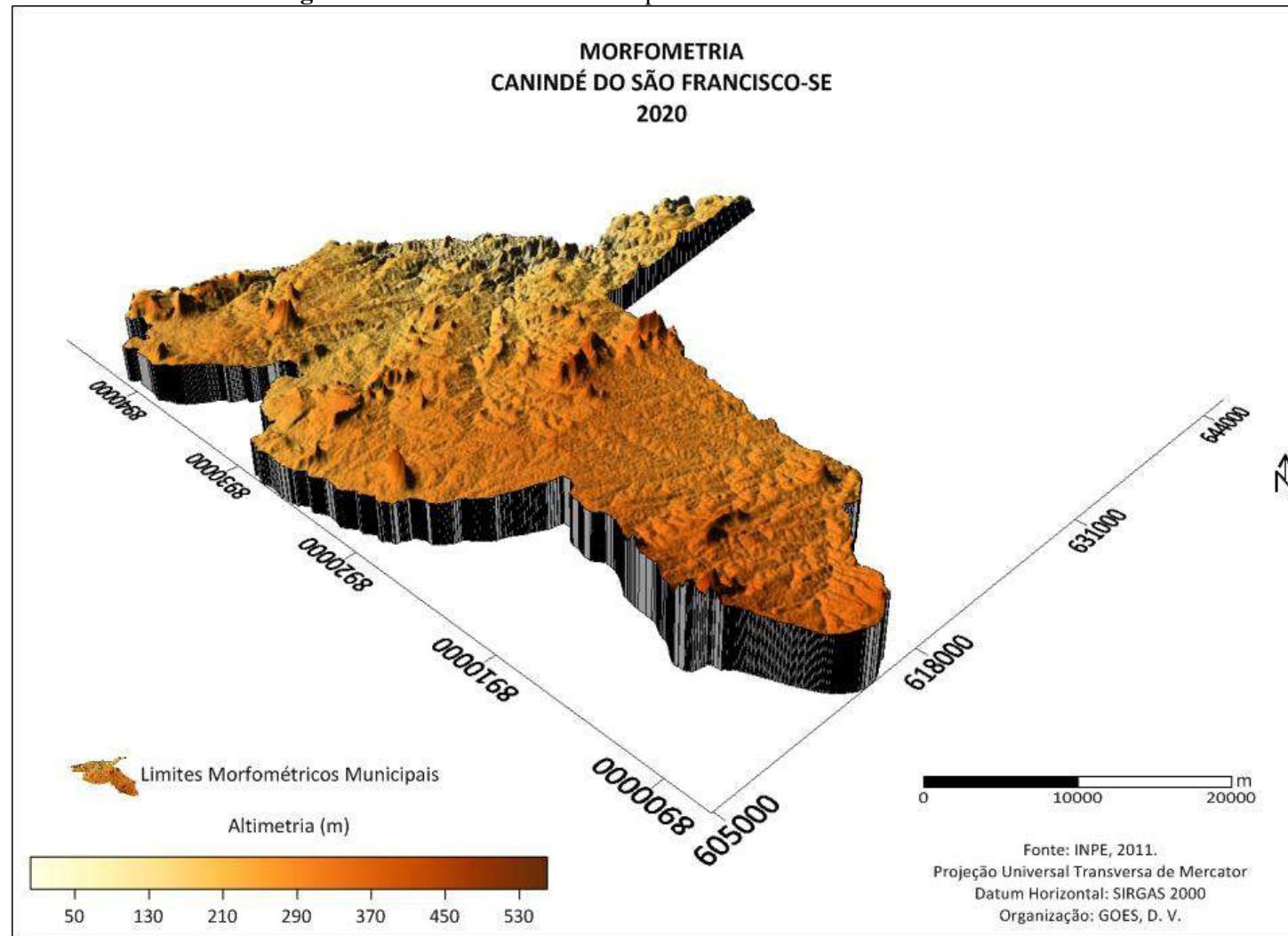


Figura 14- Morfometria do município de Canindé de São Francisco -SE.



O relevo predominantemente plano da área de estudo propicia a intensa ocupação e utilização das terras, todavia, à presença de solos com baixa fertilidade e o processo de desmatamento abrem espaço para o desencadeamento dos processos erosivos e consequente perda de solos, o que aumenta a extensão das áreas degradadas e suscetíveis ao processo de desertificação.

2.2.5 Aspectos hidrológicos

Os recursos hídricos apresentaram uma importância singular na história da humanidade. Contudo, o crescimento populacional e o consequente aumento da pressão sobre os sistemas hídricos têm gerado um cenário de escassez deste recurso natural, que é fonte fundamental para a vida.

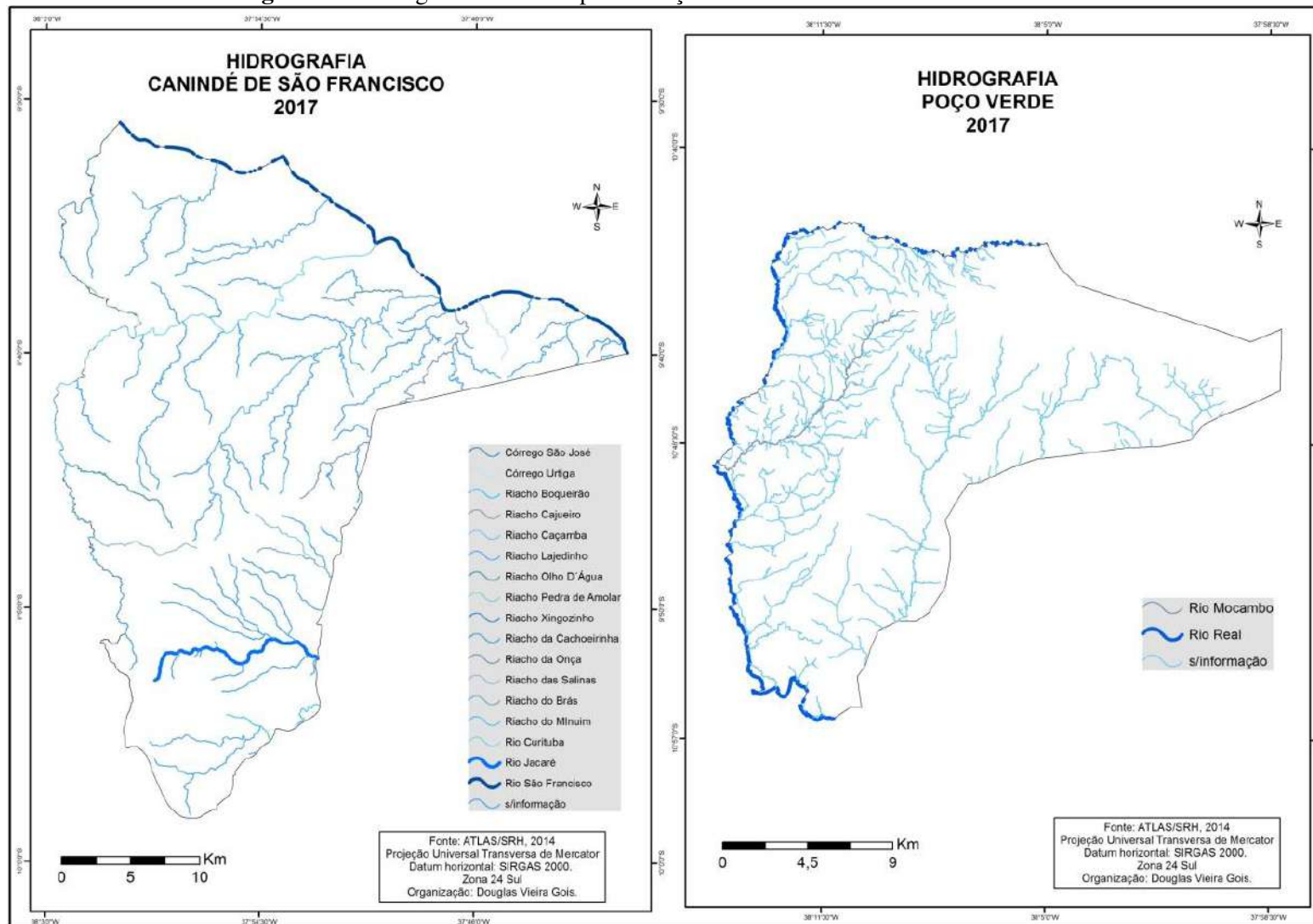
Em regiões semiáridas, a irregularidade na distribuição das chuvas e, a consequente redução nas vazões nos cursos hídricos apresenta-se como problemática, tanto para o abastecimento humano e animal, como no desenvolvimento das atividades agrícolas no nordeste brasileiro.

A análise das bacias hidrográficas é um instrumento adequado para estabelecer parâmetros a fim de verificar a degradação, o potencial dos recursos naturais e a apropriação deste espaço pelo homem (ARAÚJO, 2012).

No que se refere aos recursos hídricos, o município de Canindé de São Francisco está inserido na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, tendo como principal afluente o Rio Jacaré. Enquanto o município de Poço Verde está inserido na bacia hidrográfica do Rio Real, que tem como principal afluente Rio Mocambo (Figura 15).

De acordo com Guimarães (2011), o sistema hidrográfico do Rio Real têm suas nascentes situadas no município de Cícero Dantas (Bahia) onde recebe o nome de Baixa do Tubarão até o município de Poço Verde. Portanto, o rio Baixa do Tubarão é considerado o rio principal do sistema. A área de drenagem da bacia do rio Real compreende 4.798 km², dos quais 2.558 km² estão inseridos em território sergipano.

Figura 15- Hidrografia do município de Poço Verde e Canindé de São Francisco-SE.



Segundo Barbosa et al. (2019) a bacia do Rio Real está submetida ao desenvolvimento de práticas agrícolas responsáveis pela desertificação de algumas localidades. Para os autores, a agricultura tem se configurado, junto à pecuária, como responsáveis pelos processos erosivos, com ênfase para o assoreamento dos cursos d'água.

Um dos mais importantes rios brasileiros, e o principal no semiárido sergipano, o São Francisco tem uma extensão de aproximadamente 2.700 km, dividindo-se em quatro trechos: o Alto, o Médio, o Sub-médio e o Baixo São Francisco (BSF). No seu baixo curso, promove a divisa entre os Estados de Bahia e Pernambuco e de Alagoas e Sergipe, percorrendo um total de 274 km, com diminuição de altitude de 220 m em 40 km, para alcançar a baixa planície do litoral, quando flui para o oceano (CODEVASF, 2001).

Segundo Aguiar Netto et al. (2010), a bacia hidrográfica do rio São Francisco é a maior em área em Sergipe, apresentando, na sua margem direita, inúmeros afluentes, muitos intermitentes. Dentre eles destacam-se do Sertão para o Litoral, os rios Curituba, **Jacaré**, Capivara, Gararu, Salgado, Jacaré (Propriá) e Betume.

Conforme o estudo realizado por Aguiar Netto et al. (2011), os principais problemas ambientais no rio São Francisco são a redução da vazão e o acúmulo de sedimentos, enquanto que na área de influência de seus afluentes, em Sergipe, outros impactos ambientais também devem ser evidenciados: I) Enriquecimento nutricional de corpos hídricos que percorrem áreas de plantio, especialmente nitrogênio e fósforo; II) Contaminação de corpos hídricos com agrotóxicos; III) Erosão; IV) Salinização de solos, com ênfase para áreas irrigadas; V) Desmatamento; V) Deposição inadequada de resíduos sólidos e VI) Lançamento de efluentes domésticos e industriais “in natura”.

O rio Jacaré é um dos principais afluentes do rio São Francisco no Alto Sertão Sergipano. De acordo com Santana et al. (2007) o rio Jacaré tem uma extensão de 73,5 Km, a área da bacia é de 943,98 Km², o perímetro da área é de 142,77 Km, o desnível entre a nascente e a foz é de 270 m, a declividade média da bacia é de 4,8 m/Km, a declividade na foz é maior que 20%, o índice de forma é igual a 0,53 e o índice de compacidade é igual a 1,3, sendo uma sub-bacia com tendência a enchentes e inundações.

A hidrografia do rio Jacaré orienta-se no sentido Norte - Nordeste e é formado por vários tributários, dentre eles destacam-se os mais importantes: o Riacho Novo, o Córrego Santa Maria e o Riacho do Brás, esse último, o mais importante da margem esquerda. Com relação à margem direita do Rio Jacaré, destacam-se os Riachos do Boqueirão, o Riacho da

Guia, o Riacho São Clemente e o Riacho Craibeiro, com características fisiográficas semelhantes (BATISTA, 2011).

Segundo estudos realizados por Santana (2006), na sub-bacia hidrográfica do rio Jacaré, em Canindé de São Francisco-SE, os caminhos executados pelas comunidades da região e a falta de manutenção das estradas vicinais e rodovias, de responsabilidade do poder público, afetam a drenagem das águas pluviais e os fluxos de água dos córregos, riachos e rios, através da inexistência e/ou obstrução dos bueiros, das galerias, das bocas de lobo, que fazem com que as estradas funcionem como microbarragens, gerando impactos semelhantes às represas e reservatórios. Esses impactos ambientais já conhecidos, como a alteração drástica dos fluxos e cursos d'água na sub-bacia hidrográfica, acentuam o déficit hídrico da região, principalmente nos períodos de secas prolongadas.

No que concerne aos recursos hídricos subsuperficiais do município de Poço Verde e Canindé de São Francisco pode-se distinguir dois domínios hidrogeológicos: Cristalino e Metasedimentos/Metavulcanitos, o primeiro ocupando aproximadamente 80% dos municípios. Os Metasedimentos/Metavulcanitos e o Cristalino têm comportamento de “aquífero fissural” (CPRM, 2002).

Na área de estudo, o embasamento geológico cristalino, com solos pouco profundos e de baixa capacidade de infiltração e armazenamento, que condiciona na ocorrência de águas subterrâneas nessas regiões está limitada a fraturas e fissuras nas rochas.

Como basicamente, não existe uma porosidade primária nesse tipo de rocha, a ocorrência da água subterrânea é condicionada por uma porosidade secundária, representada por fraturas e fendas, o que se traduz por reservatórios aleatórios, descontínuos e de pequena extensão. Nesse contexto, em geral, as vazões produzidas por poços são pequenas e a água, em função da falta de circulação, dos efeitos do clima semiárido e do tipo de rocha, é, na maior parte das vezes, salinizada. Essas condições definem um potencial hidrogeológico baixo para as rochas cristalinas sem, no entanto, diminuir sua importância como alternativa de abastecimento nos casos de pequenas comunidades ou como reserva estratégica em períodos prolongados de estiagem (CPRM, 2002).

Nos municípios de Poço Verde e Canindé de São Francisco, a irregularidade têmporo-espacial e a concentração de precipitação em curto período de tempo ocasiona a acelerada erosão dos solos que associada ao desmatamento ao longo dos corpos hídricos,

resulta no assoreamento dos mesmos, gerando assim uma grande perda da capacidade de armazenamento d'água, prática que é essencial no domínio semiárido. Tal condição conduz a níveis de pressão maiores sobre tal recurso natural, podendo gerar processos de degradação ambiental, como a desertificação, dificultando sobremaneira o desenvolvimento das atividades produtivas.

3 Capítulo III: Caminhos da Pesquisa

3. CAPÍTULO III: CAMINHOS DA PESQUISA

3.1 Método de abordagem

A construção da presente tese foi alicerçada na escolha do método de abordagem e na definição da categoria basilar para o desenvolvimento da análise. A partir de tais fundamentos elaboramos a proposta metodológica, definindo procedimentos e técnicas operacionais de pesquisa. Nesse sentido, os caminhos seguidos ao longo da construção da tese, desde a base teórica ao estabelecimento dos procedimentos metodológico, foram ilustrados no esboço da sequencia operacional exposta na figura 16.

Santos (1996, p. 62-63) assevera que “a questão do método é fundamental porque se trata da construção de um sistema intelectual que permita, analiticamente, abordar uma realidade, a partir de um ponto de vista”.

De acordo com Gil (1991), o método científico constitui-se de um conjunto de processos mediante os quais se torna possível chegar ao conhecimento de algo, sendo que esses empregados em uma série de conjuntos e processos que deverão aplicar na investigação a demonstração da verdade científica. Portanto, haja vista os objetivos propostos neste trabalho, o método norteador da presente pesquisa foi o hipotético-dedutivo.

Do ponto e vista do entendimento geográfico do objeto, a categoria de análise da Ciência Geográfica mais coerente dentro para esse trabalho é a paisagem, compreendida como resultado material da relação entre o meio natural e o meio antrópico (MONTEIRO 2000; RODRIGUES; SILVA, 2013; ROSS, 2006.; CHRISTOFOLETTI, 1986; BERTRAND, 1972). A categoria analítica foi aamplamente discutida na seção do referencial teórico (Capítulo I).

Segundo Rodriguez (2004) a paisagem é um sistema espaço-temporal, uma organização espacial complexa e aberta formada pela interação entre componentes ou elementos físicos (estrutura geológica, relevo, clima, solos, águas superficiais e subterrâneas, vegetação e fauna) que podem em diferentes graus, ser transformados ou modificados pelas atividades humanas.

Segundo Marconi e Lakatos (2010), o método hipotético-dedutivo consiste em se perceber problemas, lacunas ou contradições no conhecimento prévio ou em teorias

existentes. A partir desses problemas, lacunas ou contradições, são formuladas conjecturas, soluções ou hipóteses; essas, por sua vez, são testadas.

Nesse sentido, a presente tese parte da hipótese de que, apesar da importância da configuração climática, a desertificação ecológica é predominante nos municípios de Canindé de São Francisco e Poço Verde, especialmente nesse último. Ademais, um cenário de mudança climática, com aumento da semiáridade poderá intensificar o processo, formatando um novo panorama de degradação nos referidos municípios. Portanto, estudos mais detalhados que analisem a complexidade das interações entre os indicadores biofísicos associados ao uso do solo contribuirão com diagnósticos e prognósticos de ampliação dos cenários de alto risco à desertificação em escala de detalhe, trazendo novas interpretações acerca desse processo de degradação em território sergipano.

Ademais, tendo em vista a complexidade a consequente necessidade de compreensão sistêmica do objeto de estudo, adotamos também a proposição teórico-metodológica baseada na geoecologia da paisagem para a fundamentação do desenvolvimento da presente pesquisa

3.2 Procedimentos operacionais

A operacionalização da pesquisa encontra-se atrelada à técnica. Por esse motivo, os procedimentos técnico-operacionais referem-se às atividades que foram desenvolvidas durante a pesquisa, servindo de subsídio para alcançar os objetivos propostos e apoiar aplicação do método.

Optou-se por organizar as etapas da pesquisa de acordo com método de Libault (1971), que define os quatro níveis da pesquisa geográfica, a saber: o nível compilatório; o nível correlatório; o nível semântico; o nível normativo. Esses níveis preconizam uma ordem lógica de encaminhamento e desenvolvimento das etapas de trabalho. Para o autor, a sistematização e a organização das etapas de trabalho em níveis distintos, proporcionam melhor compreensão e adequação dessas atividades ao longo da pesquisa.

O nível compilatório, segundo Libault (1971), prevê a coleta dos dados e posterior compilação dos mesmos. Nesse nível foram coletados, analisados e selecionados os dados utilizados no trabalho. Esses dados foram extraídos da consulta à bibliografia textual e cartográfica já existente e de informações elencadas em campo.

De acordo com Oliveira e Gidel (2012), os trabalhos de interpretação de documentos cartográficos e de imagens de satélite recaem sobre as atividades de levantamento de informações primárias e são, portanto, acoplados a este nível. Como o levantamento bibliográfico e a aquisição das informações, em geral, acompanham todas as etapas da pesquisa, o nível compilatório se interpôs aos outros três níveis.

O nível correlatório: correlação da informação, Libault (1971) caracteriza as atividades de correlação dos dados levantados com a realidade do trabalho em seus diferentes momentos. Segundo Oliveira e Gidel (2012), essa etapa está relacionada à análise dos dados; à interpretação das imagens de sensores orbitais e das cartas topográficas por setores temáticos; ao agrupamento dos dados coletados em campo. Procedeu-se a um ordenamento cronológico dos dados adquiridos e à uma separação por áreas do conhecimento.

O Nível Semântico: reorganização da informação, de acordo com Libault (1971), relaciona-se à possibilidade de se aproveitar ou não as informações levantadas nos dois momentos anteriores. Essa etapa de trabalho relaciona-se com a elaboração de documentos cartográficos pautados nas informações fisiográficas da área, extraídas de inferências efetuadas ante a análise e interpretação de imagem de satélite e cartastopográficas.

O Nível Normativo: distribuição dos resultados, segundo Libault (1971), esta etapa consiste em traduzir os resultados em normas aproveitáveis. De acordo com Archela (2002), no nível normativo se formula um modelo resultante da seleção e correlação das variáveis estudadas. Finalmente, o modelo elaborado pode ser aplicado a outros lugares ou ser considerado como base para a reformulação de hipóteses.

Conforme salientado, a proposta metodológica do presente estudo fundamentou-se na abordagem sistêmica em Geografia, utilizando indicadores de degradação aliados ao uso das geotecnologias, para uma melhor compreensão do fenômeno. Portanto, a Figura 16 apresenta a estrutura do esquema dos procedimentos metodológicos aplicados para o desenvolvimento dessa pesquisa.

Figura 16 - Sequência operacional.



Elaboado por: GOIS (2020)

Seguindo o escopo da sequencia operacional (Figura 16), inicialmente foi realizada uma ampla pesquisa bibliográfica, a fim de propiciar uma fundamentação teórica para dar sustentação aos dados da pesquisa. Nesse sentido, foram realizadas leituras, fichamentos e análise de livros, teses, dissertações, monografias e artigos sobre temas concernentes ao escopo da pesquisa.

Em um segundo momento, foram realizadas pesquisas em bases de dados de órgãos de pesquisa e planejamento como: Companhia de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Irrigação de Sergipe (COHIDRO), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Ministério do Meio Ambiente (MMA), Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Secretaria Estadual de Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMAR), Secretaria de Estado do Planejamento e da Ciência e Tecnologia (SEPLANTEC), Secretaria da Agricultura e do Desenvolvimento Agrário (SEAGRI), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Instituto Nacional de Meteorologia, dentre outros que se fizeram necessários para a realização da pesquisa.

Após as coletas e análises dos dados, foram confeccionados materiais gráficos (gráficos, mapas, figuras), para melhor representar a dinâmica da degradação ambiental na área de estudo e a consequente os riscos ao processo de desertificação.

Para elaboração do modelo de risco à desertificação, esse trabalho foi dividido em cinco fases. Na primeira, realizou-se a coleta de dados temáticos (solos), numéricos (altimetria e dados pluviométricos) e análise dos modelos; os dados de solos editados no software SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas) do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), para a caracterização pedológica e altimétrica da área de estudo, para a formação dos Planos de Informações (PIs) e para a definição do esquema conceitual. Na segunda etapa foram realizados o registro, a mosaicagem e o recorte das imagens. Na terceira fase, foram elaborados programas em Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (LEGAL) dos modelos estudados (biofísicos). A quarta etapa foi desenvolvida com a inserção dos dados para o cálculo do Potencial Natural de Erosão - PNE, determinado na programação em LEGAL. Na quinta fase, foram realizados os cruzamentos entre planos de informações através da linguagem LEGAL, gerando-se assim, o modelo proposto de risco nos municípios pesquisados.

Foram realizadas duas visitas à área de estudo para percepção da paisagem e

avaliação do modelo. A primeira visita foi realizada em novembro de 2017 e a outra em novembro de 2018. Essas duas visitas serviram para avaliar o estado da paisagem em relação à degradação do solo.

Processamento Digital de Imagens

As imagens multiespectrais utilizadas foram do satélite Landsat 5 TM (Thematic Mapper), bandas 1 (0,45 – 0,52 μm), 2 (0,53 – 0,61 μm), 3 (0,63 – 0,69 μm), 4 (0,76 – 0,90-97 μm), 5 (1,55 – 1,75 μm) e 7 (2,08 – 2,35 μm), e Landsat 8 (sensor OLI), bandas 1 (0,43 - 0,45 μm), 2 (0,450 - 0,51 μm), 3 (0,53 - 0,59 μm), 4 (0,64 - 0,67 μm) , 5 (0,85 - 0,88 μm), 6 (1,57 - 1,65 μm) , 7 (2,11 - 2,29 μm), ambos satélites com resolução espacial de 30 metros para as referidas bandas do espectro eletromagnético, datadas de 01/11/1990 e 14/11/2018, todas da órbita/ponto 215/67.

Para produção do mapa da tipologia da cobertura vegetal, foi feita interpretação das imagens de satélite, classificação supervisionada e validação das classes in loco com GPS, com o objetivo de corrigir os possíveis erros de identificação dos alvos existentes, o que foi de significativa importância para geração dos produtos finais.

O processamento das imagens foi realizado no software SPRING versão 5.3, onde foram executados: correção geométrica, correção radiométrica e a classificação supervisionada. A manipulação das imagens geradas na classificação e dos dados vetoriais utilizados como base cartográfica, assim como os procedimentos de edição, sobreposição, álgebra e confecção dos mapas temáticos foram realizados no software ArcGIS 10.1 Desktop.

Correção geométrica

Conforme D'Alge (2001), a primeira razão para a realização de uma correção geométrica é a existência de distorções sistemáticas introduzidas durante a aquisição das imagens. Portanto, a correção geométrica trata, prioritariamente, da remoção dos erros sistemáticos presentes nas imagens. Outro aspecto importante são os estudos multi-temporais tão comuns na área de Sensoriamento Remoto. Eles requerem que uma imagem seja registrada com a outra para que se possa interpretar a resposta de ambas em uma certa posição no espaço.

Alguns fatores afetam a geometria da imagem, entre eles está a rotação da Terra (skew), ou seja, o movimento relativo entre a Terra e o satélite (D'ALGE, 2001b). Outro

efeito importante são as chamadas distorções panorâmicas, que afetam, principalmente os sensores que trabalham com um campo de visada amplo. A curvatura da Terra também gera um efeito análogo ao anterior. Na verdade, ela acentua o efeito da distorção panorâmica, fazendo com que haja uma compressão de dados maiores nas bordas da imagem. Outro efeito que se origina por questões de movimento relativo é o chamado arrastamento da imagem durante uma varredura.

Somam-se a esses efeitos, aqueles oriundos de variações de efemérides do satélite (posição e velocidade) e a de atitude da plataforma como: Row - que afeta a varredura no sentido longitudinal; Pitch - que provoca distorções transversais no processo de varredura; Yaw- que provoca distorções semelhantes a um leque na disposição das linhas na imagem.

Em Sensoriamento Remoto, muitas vezes a análise comparativa de imagens multi-temporais ou a combinação entre imagens de diferentes sensores sobre uma mesma área, ou ainda a justaposição, se fazem necessárias. Nesses casos, é preciso assegurar que os pixels das imagens a serem trabalhadas sejam referentes às mesmas áreas no terreno. Mesmo considerando um único sensor, a bordo de um mesmo satélite, dificilmente essa coincidência nos pixels ocorrerá, devido as distorções não sistemáticas causadas pelos movimentos do satélite. Portanto, antes de se combinar/comparar duas imagens de uma mesma área, é necessário que ambas estejam perfeitamente registradas entre si.

A retificação ou correção geométrica da imagem é o processo que permite que a imagem assuma propriedades cartográficas de um sistema de projeção e suas respectivas coordenadas. É uma transformação entre coordenadas dos pixels (linhas, colunas) para um sistema geográfico (E, N) ou (ϕ, λ) . Esta transformação é também denominada georeferenciamento da imagem.

O modo de registro utilizado neste trabalho foi o automático, com base na Imagem Global Land Cover (2010) datada de 12/11/2000. O sistema de referência utilizado foi o SIRGAS 2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas) e o sistema de coordenadas foi o UTM (Universal Transversa de Mercator). Em seguida fez-se o recorte da área de estudo a partir do arquivo em formato shapefile fornecido pela SRH (2014) dos municípios estudados.

Calibração radiométrica

A calibração radiométrica de imagens de satélite é feita com a intenção de minimizar os efeitos atmosféricos na radiância de uma cena, visto que a atmosfera, por causa dos

fenômenos de espalhamento, absorção e refração da energia eletromagnética, afeta a radiância refletida pela superfície que é captada pelo sensor. Dependendo da aplicação, nem sempre é necessário fazer a calibração radiométrica, mas para estudos de monitoramento da superfície terrestre ao longo do tempo, esse pré-processamento é imprescindível para deixar os dados multitemporais na mesma escala radiométrica (SONG et al., 2001). A calibração radiométrica também é necessária para o cálculo de índices de vegetação computados a partir de duas ou mais bandas espectrais, visto que as bandas são afetadas diferentemente pelo espalhamento atmosférico (MATHER, 1999).

Para Chander et. al. (2009a), a calibração é um pré-requisito para a obtenção de dados de alta qualidade. A efetivação da calibração radiométrica é o cômputo da radiância espectral de cada banda, em que o número digital (ND) de cada pixel da imagem é convertido em radiância espectral. Essas radiâncias representam a energia solar refletida em cada pixel, por unidade de área, de tempo, de ângulo sólido e de comprimento de onda.

Cálculo da reflectância

Os valores digitais brutos (números digitais) das imagens Landsat TM são comumente utilizados para classificar estatisticamente tipos de cobertura, criar mosaicos digitais de várias imagens e detectar mudanças em imagens sucessivas de uma mesma área. Os ND são usados apenas por conveniência no processamento dos dados, pois eles não representam quantitativamente valores físicos reais (reflectância, radiância) (PEREIRA et. al. 1996a).

Os valores físicos comumente derivados dos números digitais são: a radiância, já tratada no item anterior e a reflectância. A reflectância é que possibilita um melhor monitoramento do comportamento de uma determinada cobertura, uma vez que mudanças na sua resposta espectral estariam relacionadas somente às mudanças nas propriedades estruturais/espectrais da cobertura e não às mudanças no ângulo de iluminação solar ou variações dos sensores (PEREIRA et.al. 1996).

De acordo com Moreira (2000), empregam-se mais comumente valores de reflectância, devido às dificuldades em interpretar e obter os resultados das medidas calibradas com valores de voltagem de saída, número digital e radiância. A reflectância é o passo inicial para a determinação de índices de vegetação, a exemplo do NDVI, SAVI e SARVI.

A partir da reflectância também pode ser determinado o albedo de superfície. O conhecimento do albedo é necessário para a determinação do saldo de radiação, que por sua vez exerce um papel fundamental nos processos de troca de calor e massa na baixa troposfera, uma vez que se constitui no principal responsável pelo aquecimento do solo, do ar e, principalmente, pela evapotranspiração da vegetação nativa e das culturas. Assim, o albedo torna-se muito importante em estudos de mudanças climáticas, desertificação, queimadas e meio ambiente em geral (SILVA et.al. 2005).

Classificação da Tipologia Vegetal

Segundo Altmann et al. (2009), o mapeamento do Uso e ocupação do solo retrata as atividades humanas que podem significar pressão e impacto sobre os elementos naturais. As classes de Uso e ocupação do solo são identificadas, espacializadas, caracterizadas e quantificadas. A vegetação é um elemento sensível às condições e tendências da paisagem, reagindo de forma distinta e rápida às variações. Seu estudo permite conhecer as condições naturais do território e as influências humanas recebidas.

O acompanhamento da vegetação em diferentes épocas indica a mudança, sua direção e a velocidade ao longo do tempo, permitindo construir cenários atuais e até reconstruir cenários passados. Trata-se de uma forma de encontrar soluções relativas à conservação de ecossistemas naturais ou à recuperação da cobertura vegetal (SANTOS, 2004).

A classificação de imagens de satélite é o processo de atribuir aos pixels uma determinada classe temática. Usualmente, cada pixel é tratado como uma unidade individual, composta por valores em várias bandas espectrais e pela comparação de um pixel a outros pixels de identidade conhecida. É possível agrupar aqueles cujas reflectâncias espectrais são semelhantes em classes mais ou menos homogêneas. Estas classes formam regiões sobre um mapa ou uma imagem, de forma que, após a classificação, a imagem digital é apresentada como um mosaico de parcelas uniformes, em que cada uma é identificada por uma cor ou símbolo, sendo a imagem classificada definida a partir da análise da imagem numérica, de forma que aqueles que têm valores espectrais semelhantes são agrupados em classes espectrais similares (SANTOS; PELUZIO; SAITO, 2010).

Para uma melhor classificação das imagens de satélite, recomenda-se a elaboração de chaves de interpretação. De acordo com Florenzano (2011), uma chave de interpretação de imagens deve ser baseada nos seguintes quesitos:

- ✓ Tonalidade - Usada para interpretar imagem em tons de cinza, quanto mais luz o objeto reflete mais claro ele é representado;
- ✓ Cor - As distintas respostas espectrais dos alvos facilitam suas identificações;
- ✓ Textura - Lisa ou rugosa, possibilitando discernir formações distintas, mas com uma resposta espectral semelhante; no caso do relevo quando a textura é lisa significa que ele é plano;
- ✓ Tamanho - A escala do objeto permite uma fácil distinção entre objetos (casa de galpão, estrada de aeroporto...);
- ✓ Forma - Regulares e irregulares, suas configurações geométricas dinamizam a identificação, e direcionam para certas interpretações geoespaciais (crescimento urbano planejado, área de atividade agrária...);
- ✓ Sombra - A partir dela outros elementos como forma e tamanho podem ser inferidos;
- ✓ Padrão - Ajuda a identificar objetos devido ao arruamento espacial;
- ✓ Localização - Situa os objetos em pontos específicos da paisagem.

No mapeamento digital existem dois tipos de classificação de imagem: supervisionada e não supervisionada. Na classificação não supervisionada o operador não determina as amostras para as classes temáticas que serão representadas no processo de classificação, apenas a quantidade de classes. A classificação supervisionada pode ser definida como o processo de usar amostras de identidades conhecidas pelo operador.

O tipo de classificação que apresentou melhores resultados neste trabalho foi supervisionada. A classificação supervisionada, onde o usuário identifica alguns dos pixels pertencentes às classes desejadas e o software executa a tarefa de localizar os demais pixels pertencentes àquelas classes, baseado em alguma regra estatística pré-estabelecida, a depender do algoritmo utilizado (CROSTA, 1992).

Na classificação supervisionada, uma área da imagem que o usuário identifica como representando uma das classes é chamada de amostra de treinamento. Várias amostras podem ser definidas para uma mesma classe, para assegurar que os pixels a ela pertencentes são representativos dessa classe.

Assim, previamente foram selecionados os tipos de uso, os quais foram identificados na composição colorida 543 e utilizados na seleção de amostras, que posteriormente foram

utilizadas em um processo de treinamento do algoritmo para a alocação dos pixels em classes (NOVO, 2008).

Entretanto, como complemento, é necessário que o analista identifique esses agrupamentos, através de conhecimento prévio da região e trabalhos de campo, o que possibilitou a identificação de sete classes em cada imagem: Corpos D'água, Solo Exposto, cultivos e pastagem, Caatinga Arbórea, Caatinga Arbustiva, Agricultura Irrigada e Brejos e Área Urbana (por conta da existência muito rarefeita, no município de Poço Verde, não foram classificados os corpos d'água e a agricultura irrigada).

3.3 Modelagem da Desertificação

Os dados biofísicos (albedo da superfície; emissividade; temperatura da superfície; NDVI; fluxo de calor no solo; precipitação presente e futura; temperatura do ar presente e futura, uso e ocupação do solo e o potencial natural de erosão- PNE propostos em Lopes (2005) e ampliados pelo autor da presente pesquisa podem ser considerados como indicadores da desertificação e são descritos a seguir. Os índices de vegetação, temperatura, albedo e fluxo de calor no solo são aqui destacados como parâmetros que devem ser observados na avaliação de risco à desertificação. Autores como Liu et al. (2002), Mouat et al. (1997) e Kazmierczak (1998) elaboraram alguns modelos que usam ponderações dos parâmetros analisados. No modelo proposto, o PNE foi ponderado de forma a representar o risco à desertificação inerente ao solo de acordo com a susceptibilidade da área pesquisada.

Todos os parâmetros utilizados no modelo aqui apresentado foram organizados em forma de matriz e são compatíveis com a grade da imagem do sensor OLI do satélite Landsat, com tamanho de pixel de 30 m x 30 m. A equação 1, que mostra a modelagem aqui tratada. A mesma é uma operação matricial $n \times m$, onde representam linha e coluna, respectivamente, e R o atributo de cada célula, indicando o risco à desertificação.

$$R = (A + E + T + N + G + PA + TA + U) \times PNE \quad (1)$$

onde: A é o albedo da superfície; E é a emissividade; T é a temperatura da superfície; N é o NDVI; G é o fluxo de calor no solo; PA é a precipitação presente; TA é a temperatura do ar presente, U é o uso e ocupação do solo e PNE é o potencial natural de erosão.

Antes da definição dos parâmetros da equação (1), foi determinada a radiância

espectral L_i da banda $i = 1$ a 5 e 7. Em seguida, foi realizada a correção atmosférica pelo método DOS (*DarkObjectSubtraction*), usando o histograma de cada banda para selecionar o pixel mais escuro (GÜRTLER et al., 2005). Não é incluído o albedo da superfície em que a correção atmosférica é determinada pelo albedo atmosférico e pela transmitância atmosférica (BASTIAANSEN, 1995).

a) Albedo

Com os dados espectrais das bandas 1 a 5 e 7, foi calculada a reflectância para cada banda (equação 2) e depois a reflectância aparente que é dada pela soma das reflectâncias de cada banda multiplicada pelo seu peso. Todos os cálculos foram realizados através da programação LEGAL.

$$r_i = \frac{\pi \times L_i \times d^2}{E_{sun} \times \cos^2 \theta} \quad (2)$$

onde: L_i é a radiância espectral para a banda i ; d é a distância Sol-Terra; E_{sun} é a radiância solar espectral no topo da atmosfera; θ é o ângulo zenital solar.

Os pesos para as bandas foram: 0,29 (banda 1), 0,27 (banda 2), 0,23 (banda 3), 0,16 (banda 4), 0,03 (banda 5) e 0,01 (banda 7), conforme descrito por BASTIAANSEN (1995). O cálculo do albedo no topo da atmosfera r_p é dado pela equação 3:

$$r_p = 0,29r_{b1} + 0,27r_{b2} + 0,23r_{b3} + 0,16r_{b4} + 0,03r_{b5} + 0,01r_{b7} \quad (3)$$

Com o albedo no topo da atmosfera calculado para cada passagem, realizou-se o processo do cálculo do albedo da superfície através do processo de iteração entre a transmitância e a energia que é refletida pela atmosfera que atinge diretamente o sensor (Equação 4).

$$r_o = \frac{r_p - r_a}{\tau_{sw}^2} \quad (4)$$

onde r_p : albedo no topo da atmosfera; r_a : albedo da atmosfera; τ_{sw} : transmitância atmosférica.

Os valores encontrados para r_a e τ_{sw} foram 0,03 e 0,75, respectivamente. O valor de τ_{sw} foi encontrado por iteração utilizando o pixel mais escuro de corpos d'água

(BASTIAANSSEN, 2005).

b) NDVI

Com as reflectâncias das bandas 4 (0,76 - 0,90 μm) e 3 (0,63 - 0,69 μm) calculadas, determinou-se o NDVI pela equação 5 utilizando a linguagem em LEGAL (HUETE & WARRICK, 1990).

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}} \quad (5)$$

Onde ρ_{NIR} é a reflectância no infravermelho próximo; e ρ_{RED} é a reflectância no vermelho. A utilização deste índice na elaboração do índice de risco a desertificação (R) justifica-se devido a sua contribuição na discriminação de unidades de paisagem (RIBEIRO et al., 2002).

c) Emissividade

Uma relação empírica foi definida por VANDERGRIEND e OWE (1993) que utilizaram radiômetros para medir simultaneamente o NDVI e a emissividade, determinando assim uma relação entre a emissividade e o NDVI. A partir do NDVI determinado pela equação (5), aplicou-se a função empírica desenvolvendo um programa em LEGAL para determinação da emissividade, descrita na equação (6).

$$\varepsilon_{(8-14)} = 1,009 + 0,047 \ln(NDVI) \quad (6)$$

d) Temperatura da superfície

A partir da emissividade, realizou-se o cálculo da radiância no termal, para determinação da temperatura da superfície, de acordo com a equação 7, que é uma inversão da fórmula de Plank.

$$T_{rad} = \frac{1260}{\ln\left(\frac{61,6}{L_{TM6}} + 1\right)} / \varepsilon^{0,25} \quad (7)$$

Onde: $B_{TM6}(b,T)$ é a radiância na banda termal 6 em $mW \cdot cm^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$ e ε é a emissividade da superfície.

e) Fluxo de calor no solo

Para determinação do fluxo de calor no solo, faz-se necessário calcular primeiro a radiação global. Na sua determinação, são necessários os seguintes parâmetros: albedo, radiação de ondas longas incidente, radiação de ondas curtas incidente, emissividade da superfície no infravermelho termal e temperatura da superfície. Para o cálculo do segundo parâmetro, foram necessários os dados de temperatura do ar e umidade relativa que foram adquiridas no INMET. Estes dois dados foram necessários para o cálculo da pressão de vapor saturado, pressão de vapor atual, emissividade da atmosfera e por fim a radiação de ondas longas incidente conforme equação 8, que é considerada espacialmente constante, com o valor de $352,8743 W \cdot m^{-2}$ para o ano de 1985.

$$L^{\downarrow} = \varepsilon_{atm} \times \sigma \times T_{air}^4 \quad (8)$$

onde ε_{atm} é a emissividade atmosférica, σ é a constante de Boltzmann e T_{air} é a temperatura do ar.

Para a definição do terceiro parâmetro, foi calculada a radiação solar instantânea que é função do ângulo solar zenital, constante solar e distância sol-terra, depois foi determinada a densidade do fluxo de radiação perpendicular ao topo da atmosfera, e finalmente a radiação de onda curta recebida na superfície que é expressa na equação 9.

$$K^{\downarrow}_{(x,y)} = K^{\downarrow}_{TOA} \times \tau_{sw} \quad (9)$$

onde K^{\downarrow}_{TOA} é a radiação de ondas curtas incidente no topo da atmosfera e τ_{sw} é a transmitância atmosférica.

Os dados de ângulo zenital solar foram determinados para cada pixel através de uma operação no SPRING, e programação no MATLAB em que foi gerado um arquivo dat e importado para o SPRING no formato spr. O quinto parâmetro foi determinado através do albedo, da radiância termal e emissividade, de acordo com as equações vistas anteriormente.

A partir dos cinco parâmetros calculados, foi realizado o cálculo da radiação global,

como exposto na equação 10. Todos os parâmetros foram programados em LEGAL.

$$R_n = (1 - r_o)K^\downarrow + L^\downarrow - \varepsilon_o \sigma T_o^4 - (1 - \varepsilon_o)L^\uparrow \quad (10)$$

Onde r_o é o albedo; k^\downarrow é a radiação de ondas curtas incidente; l^\downarrow é a radiação de ondas longas incidente; ε_o é a emissividade da superfície; σ é a constante de Boltzmann e t_o é a temperatura da superfície. Para a programação do modelo do fluxo de calor no solo, foram necessários os parâmetros de albedo, NDVI, temperatura e radiação global.

f) Cálculo do PNE

Para se gerar o PNE, foram necessários os seguintes PIS: classes de solo, erodibilidade do solo (k), erosividade das chuvas, curvas de nível, declividade, drenagem e fator topográfico.

g) Dados meteorológicos

No presente trabalho foram utilizados dados meteorológicos de precipitação pluviométrica, temperatura e evapotranspiração referente a três períodos distintos para representação de cenários do clima atual e futuro das áreas com potencial de risco de desertificação. Foram considerados como clima atual os anos de 1990 e 2014 e como clima futuro a média do período de 2021 a 2050.

Os dados climáticos de temperatura e precipitação, utilizados para simulação de cenários do clima futuro correspondem aos dados mensais referentes à média da série história de 2021 a 2050. Tais dados foram extraídos do Modelo Regional Climático MIROC 5 Eta. Neste trabalho, foram consideradas as simulações da forçante radioativa (RCPs) 8.5.

O Modelo Regional Climático MIROC 5 Eta é um modelo regional que faz o detalhamento do modelo global (*downscaling*) para um determinado período de tempo e para uma região. A dinâmica do modelo regional Eta MIROC é baseada em coordenadas verticais e opera em pontos de grade com resolução horizontal de 20km (CHOU, 2014; MESINGER, 1984).

h) Classificação das Imagens para Uso e Ocupação do Solo

As imagens multiespectrais utilizadas foram do satélite Landsat 5 TM (Thematic

Mapper), bandas 1 (0,45 – 0,52 μm), 2 (0,53 – 0,61 μm), 3 (0,63 – 0,69 μm), 4 (0,76 – 0,90 μm), 5 (1,55 – 1,75 μm) e 7 (2,08 – 2,35 μm), e Landsat 8 (sensor OLI), bandas 1 (0,43 – 0,45 μm), 2 (0,450 – 0,51 μm), 3 (0,53 – 0,59 μm), 4 (0,64 – 0,67 μm), 5 (0,85 – 0,88 μm), 6 (1,57 – 1,65 μm), 7 (2,11 – 2,29 μm), ambos satélites com resolução espacial de 30 metros para as referidas bandas do espectro eletromagnético, todas da órbita/ponto 215/67 e 66.

Para produção do mapa da tipologia da cobertura vegetal, foi feita interpretação das imagens de satélite com a classificação supervisionada, e validação das classes in loco com GPS, com o objetivo de corrigir os possíveis erros de identificação dos alvos existentes, o que foi de significativa importância para geração dos produtos finais. O processamento das imagens foi realizado no software SPRING versão 5.3, onde foram executados: correção geométrica, correção radiométrica, e a classificação supervisionada. A manipulação das imagens geradas na classificação e dos dados vetoriais utilizados como base cartográfica, assim como os procedimentos de edição, sobreposição, álgebra e confecção dos mapas temáticos foram realizados no software ArcGIS 10.1 Desktop.

i) O modelo proposto para espacializar os cenários de risco à desertificação

Para identificar ao grau de degradação e risco à desertificação atual, foi proposto um modelo envolvendo o PNE dos solos da área de estudo, mais os parâmetros: albedo, temperatura superficial, emissividade, NDVI, fluxo de calor no solo, precipitação e temperatura do ar (atuais), conforme equação 11. Já o grau de degradação e risco à desertificação futuro, foi proposto um modelo envolvendo o PNE dos solos da área de estudo, mais os parâmetros: albedo, temperatura superficial, emissividade, NDVI, fluxo de calor no solo, precipitação e temperatura do ar (futuros), conforme equação (12).

O PNE foi ponderado de acordo com perda de solo e a área de cada classe de perda de solo. Desta forma, a classe com maior perda de solo e maior área obteve maior peso. Para a ponderação do mapa de PNE, foi desenvolvido um programa em LEGAL através da variável *pondere*. Esse programa definiu um PI de grade numérica para as classes de potencial.

O modelo proposto pelas Equações 11 e 12 são então obtidos através da declaração e instanciação das variáveis integradas em um banco de dados. Supõe-se, na equação de suscetibilidade à desertificação, uma transformação exponencial de cada parâmetro biofísico

de acordo com a suscetibilidade que o valor de cada variável apresenta.

$$RA = (A + E + T + N + G + PA + TA + U) \times PNE \quad (11)$$

onde: A é o albedo da superfície; E é a emissividade; T é a temperatura da superfície; N é o NDVI; G é o fluxo de calor no solo; PA é a precipitação presente; TA é a temperatura do ar presente, U é o uso e ocupação do solo e PNE é o potencial natural de erosão.

$$RA = (A + E + T + N + G + PF + TF + U) \times PNE \quad (12)$$

onde: A é o albedo da superfície; E é a emissividade; T é a temperatura da superfície; N é o NDVI; G é o fluxo de calor no solo; PF é a precipitação futura; TF é a temperatura do ar futura, U é o uso e ocupação do solo e PNE é o potencial natural de erosão.

Para a transformação exponencial, os parâmetros foram escalonados entre 2 e 3, e em seguida somados e diminuído de 9 para expressar uma suscetibilidade entre 0 e 5, onde 5 é o valor que representa alto risco de desertificação. Além da transformação exponencial, para um estudo mais aprofundado, pode-se, também, modelar o estado de degradação a partir de uma transformação linear, realizando testes de campo em função do grau de degradação do solo e vegetação.

Após a transformação exponencial aplicada, os resultados foram multiplicados pelo PNE. Os valores entre zero e 1 representam risco mínimo, entre 1 e 2 significam baixo risco, entre 2 e 3 risco moderado, entre 3 e 4 risco alto e entre 4 e 5 risco extremo.

Os mapas dos cenários de risco à desertificação foram gerados através do cruzamento de informações contidas nas equações 11 e 12 em análise multicritério, com notas e pesos descritos a seguir.

A metodologia multicritério consiste em realizar uma análise, construindo uma escala de importância entre os fatores analisados para, posteriormente, serem colocados em uma matriz de relacionamento. Com isso, havendo informações necessárias para uma análise comparativa, pode assim haver uma percepção de que há uma hierarquia de importância entre os mesmos (SAATY, 1977).

De acordo com Paim e Oliveira (2011), a modelagem multicritério consiste na combinação linear de pesos, em que variáveis são ponderadas por pesos, conforme seu grau

de importância, e que são integradas, gerando um resultado do grau de favorecimento para um determinado objetivo.

A análise multicritério espacial baseia-se no mapeamento de variáveis por plano de informação e na definição do grau de pertinência de cada plano de informação e de cada um de seus componentes de legenda para a construção do resultado final (MOURA, 2007). A modelagem foi realizada seguindo a metodologia de Paim e Oliveira (2011), onde os dados foram trabalhados através do software Arcgis 10.2.

A partir de tal organização hierárquica, o significado de cada fator é calculado comparando-os entre si. Para tanto, define-se pesos em uma matriz de comparação pareada seguindo uma escala que varia de 1 à 5. Os pesos de cada fator ou variável são calculados com base nos auto-valores da matriz, transformando a paisagem num arranjo de células que variam entre 0 e 100%. Os pesos atribuídos a cada variável trabalhada podem ser visualizados nos quadros 05 e 06.

Quadro 05- Matriz de Pesos dos indicadores de desertificação (Atual).

Temas	Pesos	Componentes da Legenda	Notas
PNE	15%	Baixo	1
		Médio	2
		Elevado	3
NDVI	15%	-1	5
		0,5	4
		1,0	3
		(0,1-0,2)	2
		(0,3-0,6)	1
Emissividade	7,5%	0,3	1
		0,5	2
		1,0	3
Temperatura do Ar	10%	24	1
		28	2
		32	3
Albedo da superfície	7,5%	0-10	1
		11-20	2
		21-30	3
Temperatura Superficial	7,5%	10	1
		11-30	2
		31-45	3
Fluxo de calor no solo	7,5%	250-500	1
		750	2
Pluviosidade	15%	500	3
		600	2
		700	1
Uso e ocupação	15%	Pastagem e solo exposto	5
		Caatinga Arbórea	2
		Caatinga Arbustiva	3
		Agricultura Irrigada	5
		Área Urbana	1

Elaboração: Douglas Vieira Gois, 2019.

Quadro 06- Matriz de Pesos dos indicadores de desertificação (Futuro).

Temas	Pesos	Componentes da Legenda	Notas
PNE	15%	Baixo	1
		Médio	2
		Elevado	3
NDVI	15%	-1	5
		0,5	4
		1,0	3
		(0,1-0,2)	2
		(0,3-0,6)	1
Emissividade	7,5%	0,3	1
		0,5	2
		1,0	3
Temperatura do Ar	10%	24	3
		28	4
		32	5
Albedo da superfície	7,5%	0-10	1
		11-20	2
		21-30	3
Temperatura Superficial	7,5%	10	1
		11-30	2
		31-45	3
Fluxo de calor no solo	7,5%	250-500	1
		750	2
Pluviosidade	15%	400	5
		500	4
		600	3
		700	1
Uso e ocupação	15%	Pastagem e solo exposto	5
		Caatinga Arbórea	2
		Caatinga Arbustiva	3
		Agricultura Irrigada	5
		Área Urbana	1

Elaboração: Douglas Vieira Gois, 2019.

j) Validação do modelo

Conforme proposto por Dourado (2017), a avaliação da acurácia da classificação obtida pelo SVM foi realizada por meio da Matriz de Erro, Exatidão Global e Índice Kappa. A Matriz de Erro foi gerada a partir de pontos de grade amostrais de 0,5 grau, totalizando 55 pontos amostrais distribuídos de forma aleatória sobre os municípios pesquisados

Posteriormente, esses pontos foram conferidos individualmente nas imagens de alta resolução do satélite *RapidEye* observando se os mesmos estavam sobre áreas degradadas de solo exposto, afloramentos rochosos, áreas com pouca vegetação ou vegetação herbácea, áreas de mata nativa, florestas ou agricultura, entre outros. A partir do cruzamento entre a imagem classificada (com as classes Muito alto, Alto, Moderado e Baixo), em sua totalidade, e a imagem de referência (imagem do *RapidEye*), foi construída a matriz de erro. Além disso, a partir da Matriz de Erro foi calculada a Exatidão Global (Equação 13), que significa o total de acertos em relação ao total de amostras da máscara (plano de informação validado).

$$EG = \frac{A}{n} * 100$$

Equação (13)

em que:

EG= Exatidão Global;

A= Acerto geral (pontos amostrais com acertos); n= número de pontos amostrais.

Posteriormente, foi determinado o Índice Kappa (Equação 14). Esse índice deriva de uma técnica estatística para avaliação da concordância ou discordância em duas situações de interesse, cuja variação é de 0 a 1. Quanto mais próximo de 1, melhor é o resultado da classificação.

$$K = \frac{[n * \sum_{i=1}^r x_{ij} - \sum_{i=1}^r (x_i * x_j)]}{[n^2 - \sum_{i=1}^r (x_i * x_j)]}$$

Equação (14)

em que:

K = Índice Kappa de concordância;

n = Número de observações (pontos amostrais); r = Número de linhas da matriz de erro;

x_{ij} = Observação na linha i e coluna j;

$x_{i.}$ = Total marginal da linha i ;

$x_{.j}$ = Total marginal da coluna j .

Capítulo IV:

Cenários de

Degradação Biofísica

4 CAPÍTULO IV: CENÁRIOS DE DEGRADAÇÃO BIOFÍSICA

4.1 Análise do Uso e Ocupação do Solo na área de estudo: aproximações iniciais com o processo de Desertificação

Com uma área de 844.453 mil km², o domínio da caatinga abriga o único bioma exclusivamente brasileiro, tendo sua área core localizada na Região Nordeste. Ocupando cerca de 11% do território nacional, ela cobre grandes faixas do Ceará, Piauí, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e também um parte do norte de Minas Gerais, onde domina o clima semiárido (SILVA et al., 2004).

A caatinga é rica em biodiversidade, o bioma abriga 178 espécies de mamíferos, 591 de aves, 177 de répteis, 79 espécies de anfíbios, 241 de peixes e 221 abelhas. Todavia, por muito tempo a Caatinga foi negligenciada como uma região não prioritária para conservação. Infelizmente, o uso inadequado e a exploração predatória dos recursos naturais levaram a região ao segundo lugar entre os biomas brasileiros mais alterados pela atividade humana (BRASIL, 2018).

Apesar da sua importância e diversidade biológica, o bioma tem sido desmatado de forma acelerada, principalmente nos últimos anos, devido principalmente ao consumo de lenha nativa, explorada de forma ilegal e insustentável, para fins domésticos e industriais, ao sobrepastoreio e a conversão para pastagens e agricultura (MMA, 2018).

Como consequência das profundas alterações pelas quais vêm passando, a paisagem da caatinga apresenta grandes extensões onde a desertificação já se encontra instalada, existindo uma relação estreita entre este tipo de degradação, a vegetação e os solos, sendo o seu desenvolvimento iniciado com as modificações que diminuem a presença da cobertura vegetal por períodos prolongados, aumentando os processos erosivos e deteriorando as propriedades físicas, químicas, biológicas e econômicas do solo (SOUZA, 2015).

Nas paisagens do semiárido sergipano não é diferente, historicamente a vegetação de caatinga vem passando por um processo de supressão para dar lugar à criação de gado e a agricultura mecanizada, o que tem ocasionado diversos impactos negativos ao ambiente,

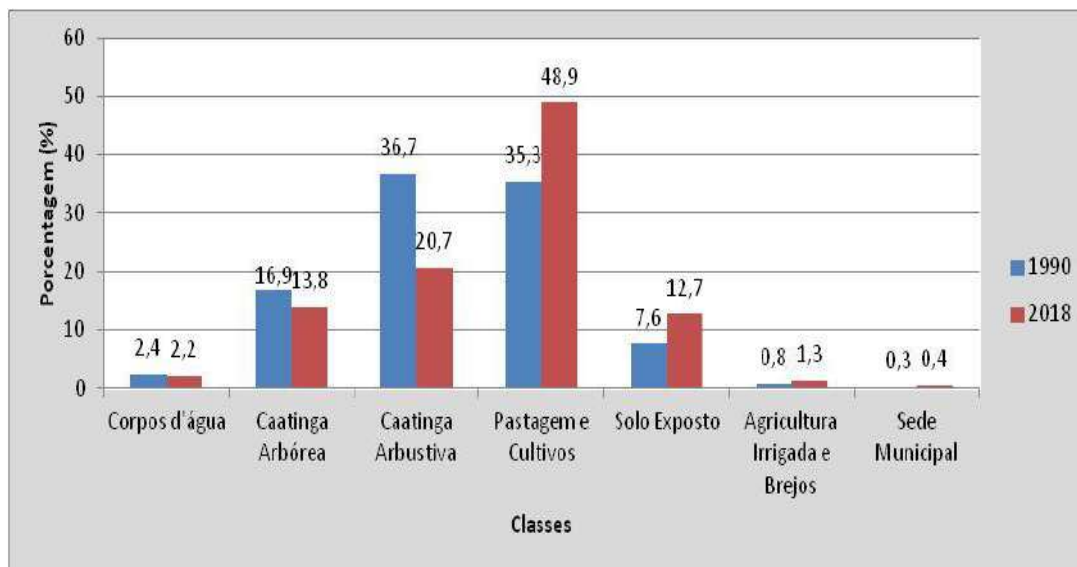
dentre eles a desertificação.

Contudo, conforme já destacado na introdução desse trabalho, os estudos sobre tais impactos no semiárido sergipano, em especial sobre a desertificação, em sua maioria são projetados para grandes escalas, ancorando-se, sobretudo em dados secundários que não conotam as particularidades da área de estudo, gerando assim resultados generalizantes do ponto de vista das particularidades de cada município.

Portanto, com o intuito de analisar as variáveis biofísicas e compreender o comportamento das mesmas e suas relações com as características físicas da área de estudo (Canindé de São Francisco e Poço Verde), mapeamos os diferentes tipos de uso e ocupação do solo e suas intensidades foram avaliadas tendo em vista um maior ou menor grau de proteção do solo contra os processos degradantes. Desse modo, buscou-se avaliar a dinâmica evolutiva da paisagem e sua contribuição para o avanço/recuo do risco à desertificação.

Nas Figuras 18, 19, 21 e 22 pode-se visualizar a espacialização do Uso e ocupação do solo nos anos de 1990 e 2018. As fácies de cobertura vegetal identificadas, considerando a estratificação e a densidade entre as espécies, foram: caatinga arbórea, caatinga arbustiva, solo exposto, pastagens e cultivos, agricultura irrigada e brejos. Além de tais classes, também mapeamos as sedes municipais e corpos d'água dos referidos municípios. Os percentuais de cobertura de cada classe podem ser analisados nas figuras 17 e 20.

Figura 17- Percentuais de cobertura das classes de uso e ocupação do solo no município de Canindé de São Francisco (1990-2018).



No ano de 1990, no município de Canindé de São Francisco foram encontrados os seguintes percentuais: caatinga arbórea (16,6%), caatinga arbustiva (36,7%), solo exposto (7,6%), pastagens e cultivos (35,3%), agricultura irrigada e brejos (0,8%), sede Municipal (0,5%) e corpos d'água (2,4%). Já para o ano de 2018, foram encontrados os seguintes percentuais: caatinga arbórea (13,8%), caatinga arbustiva (20,7%), solo exposto (12,7%), pastagens e cultivos (48,9%), agricultura irrigada e brejos (1,3%), sede municipal (0,4%) e corpos d'água (2,2%), (ver figura 17).

Para Canindé de São Francisco cabe destacar as classes que apresentaram maior variação, a saber: pastagem e cultivos que aumentou 39%, ocupando o espaço outrora possuía vegetação de caatinga arbustiva, que obteve uma redução de 44% quando comparada ao ano de 1990.

Tais dados sugerem tipos de uso com menor potencial de proteção do solo e por conseguinte, que aumentam o risco aos processos erosivos, criando áreas com horizontes de solos superficiais, com baixo potencial produtivo.

Figura 18- Uso e ocupação do solo no município de Canindé de São Francisco, no ano de 2018.

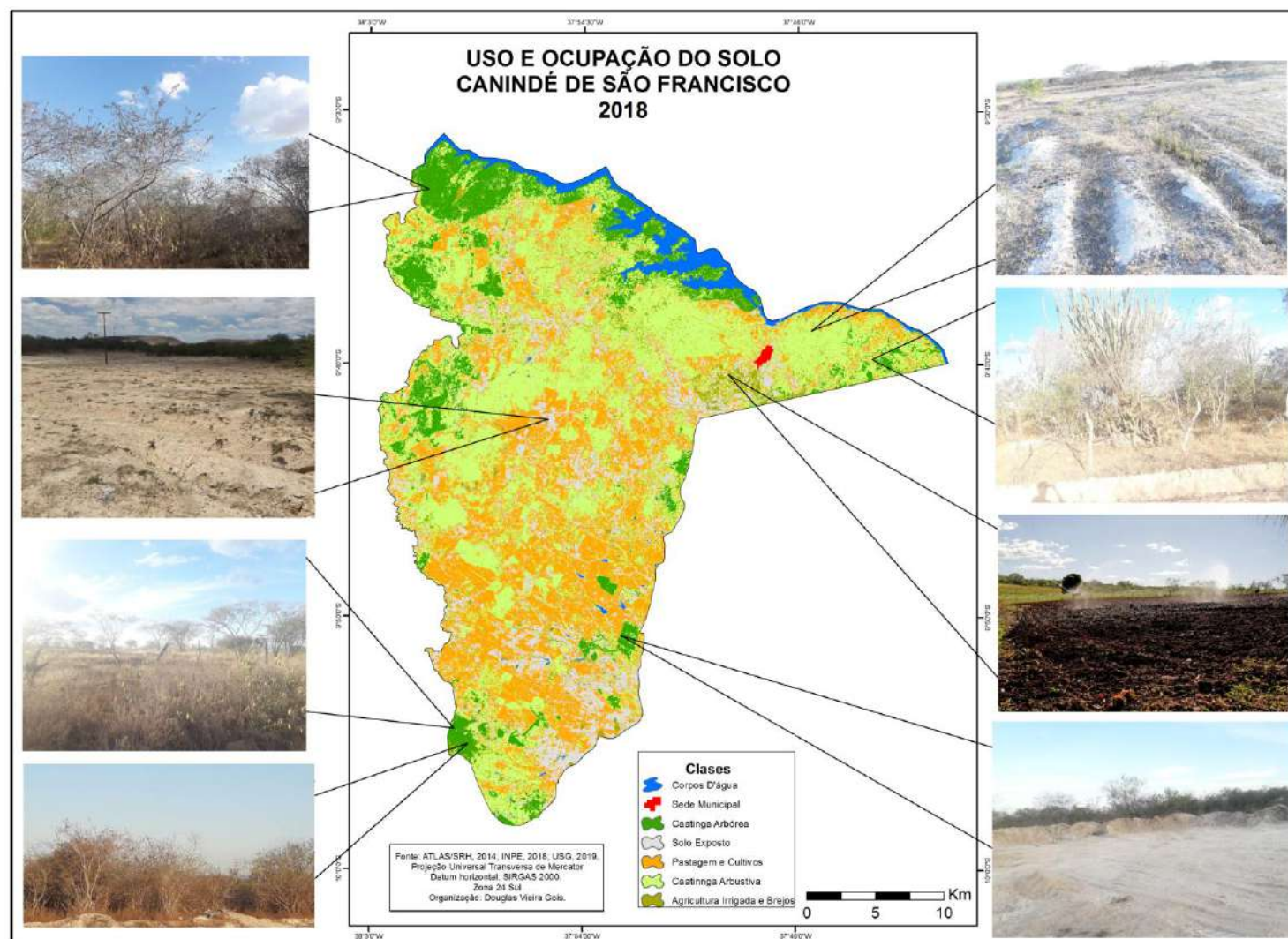
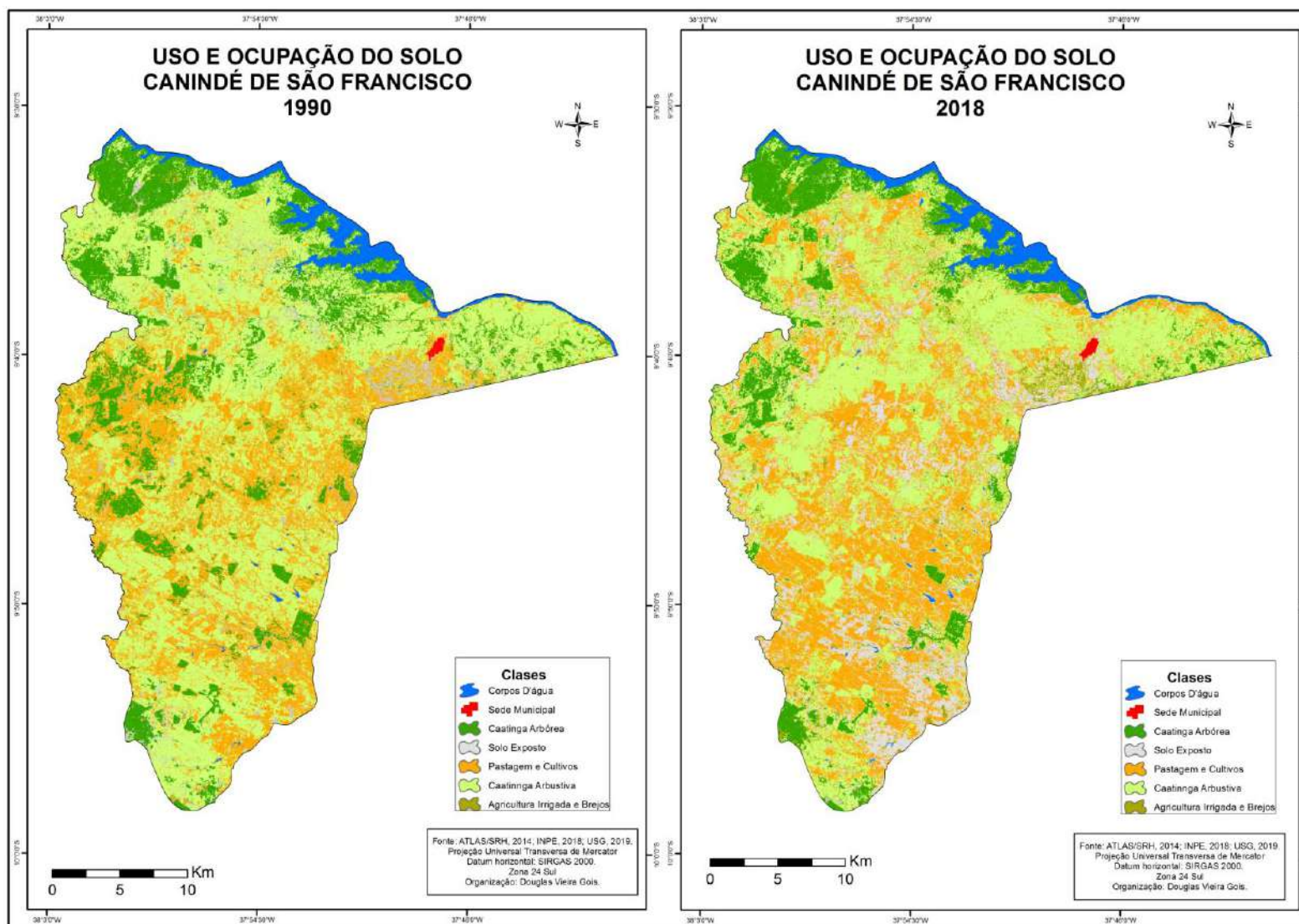
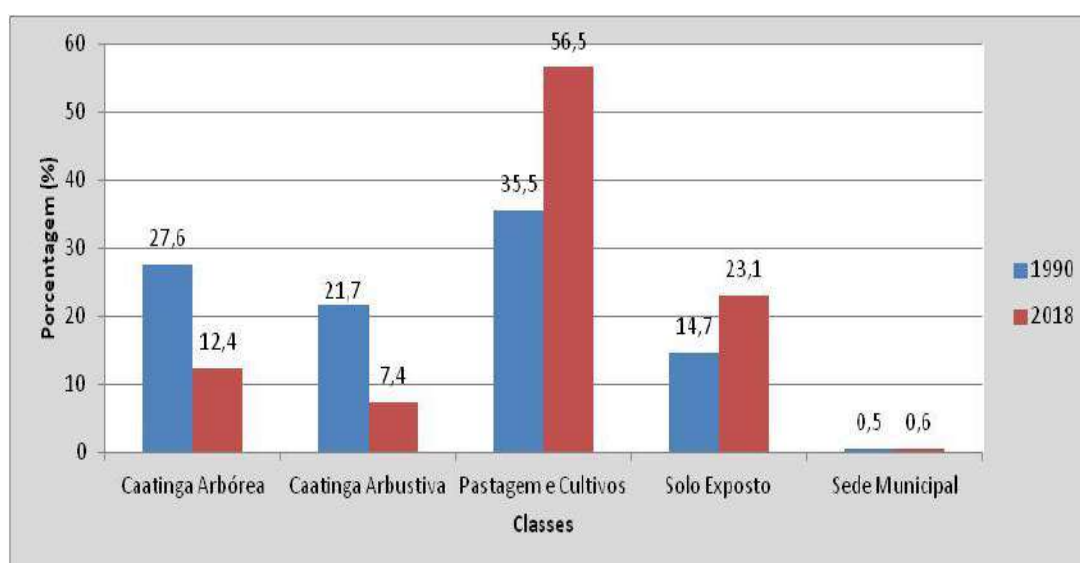


Figura 19- Análise Multitemporal do Uso e ocupação do solo no município de Poço Verde (1990- 2018).



No município de Poço Verde, no ano de 1990, foram encontrados os seguintes percentuais: caatinga arbórea (27,6%), caatinga arbustiva (21,7%), solo exposto (14,7%), pastagens e cultivos (35,5%), sede municipal (0,5%). Em contrapartida, no ano de 2018, as classes de ocupação sofreram mudanças substanciais, a saber: caatinga arbórea (12,4%), caatinga arbustiva (7,4%), solo exposto (23,1%), pastagens e cultivos (56,5%), sede municipal (0,6%), (ver figura 20). Em consonância com os resultados encontrados em Canindé de São Francisco, as categorias de uso que apresentaram maior redução foram os extratos de vegetação, tanto arbóreo como arbustivo. Tal decréscimo ocorreu dando espaço para a ampliação das áreas de cultivos agrícolas e solo exposto, que aumentaram 59,0 e 57,0%, respectivamente.

Figura 20- Percentuais de cobertura das classes de uso e ocupação do solo no município de Poço Verde (1990-2018).



Em estudo acerca da dinâmica das mudanças do uso e de cobertura da terra na região Semiárida de Sergipe no período de 1996 a 2013, Fernandes et al. (2015), concluíram que as mudanças mais substanciais observadas correspondem às áreas de Caatinga, com diminuição de 22,2%, e de capoeira, com redução de 5,9%. Observou-se também o aumento das áreas de pastagem (23,3%), de cultivos agrícolas (1,7%) e solo exposto (3,2%).

A remoção de grande parte da cobertura vegetal submete os solos a uma amplitude térmica maior, elevando no período diurno as taxas de evapotranspiração e afetando todos os ecossistemas existentes. Levando em consideração esse aspecto e devido ao uso do solo que

existe nessas terras, acabam resistindo somente espécies de plantas que sejam ainda mais tolerantes a temperaturas mais elevadas que aquelas anteriormente dominantes e a seca edáfica (SOUZA, 2009).

Do ponto de vista da espacialização dos usos, evidencia-se que a fície de caatinga arbórea distribuem-se de forma descontínua em toda a área de estudo, seja em Canindé de São Francisco ou em Poço Verde, com destaque para uma maior concentração em regiões de topografias mais elevadas, em especial nos topos das Serras, com à presença de solos mais profundos, maior ocorrência de precipitação em faces do relevo a barlavento. São áreas que do ponto de vista da legislação ambiental devem ser protegidas, além de serem de difícil mecanização. Portanto, tal classe temática mostrou-se reduzida a pequenas ilhas e restrita a alguns pontos (áreas de exceção, sopé de serras, brejos de altitude, ou áreas de proteção permanente (APP's) de assentamentos e reforma agrária, visto as exigências na legislação (reserva legal).

Quanto à maior proporção de caatinga arbórea e arbustiva em Canindé de São Francisco, pode-se destacar a contribuição da existência das Unidades de Conservação (UCs) existentes no município, a saber: Parque Natural Municipal de Lagoa do Frio, com uma área de 278,99 ha, tendo sido criado pelo Decreto nº 041 de 23/10/2001, e o Monumento Natural da Grota do Angico, instituído a partir do Decreto Estadual nº 24.922, de 21 de dezembro de 2007.

A caatinga arbustiva também está associada às regiões de relevo residual no pediplano, estando em sua maior parte nas bordas dos fragmentos de caatinga arbórea, apresentando pois distribuição descontínua em toda a área de estudo. Embora haja essa distribuição irregular, o município de Canindé de São Francisco possui maior área de distribuição dessa fície de cobertura, o que denota maior sucessão secundária em áreas de pastagens e cultivos. Já em Poço Verde, por apresentar maiores áreas destinadas a agricultura/monocultura, o processo de regeneração da vegetação é dificultado.

Os menores fragmentos de caatinga são encontrados na Superfície de Pedimentos, em relevo de dissecação homogênea, posto ser essa unidade a que concentra maior desenvolvimento da agricultura e da pecuária extensiva da região.

Figura 21- Uso e ocupação do solo no município de Poço Verde, no ano de 2018.

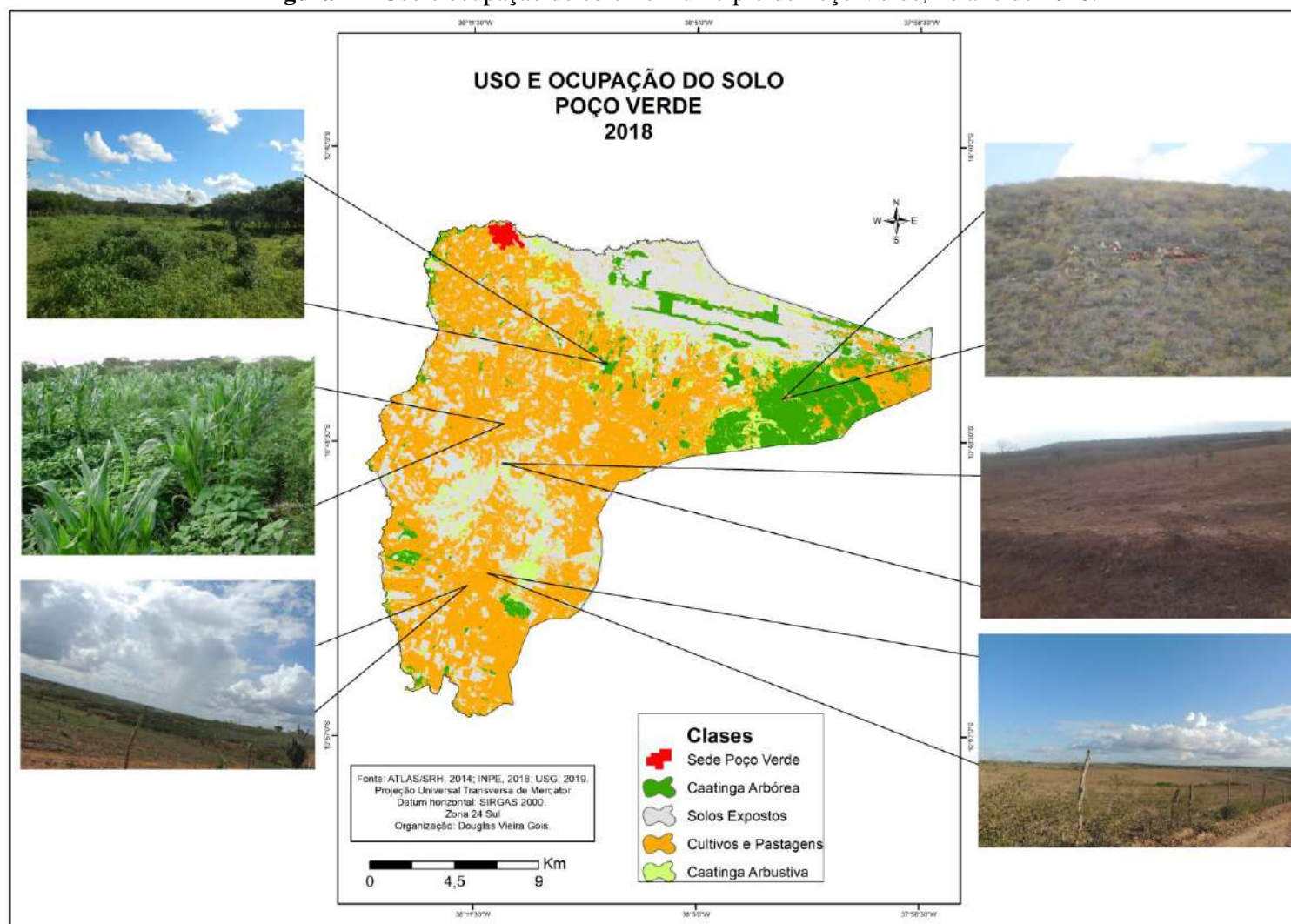
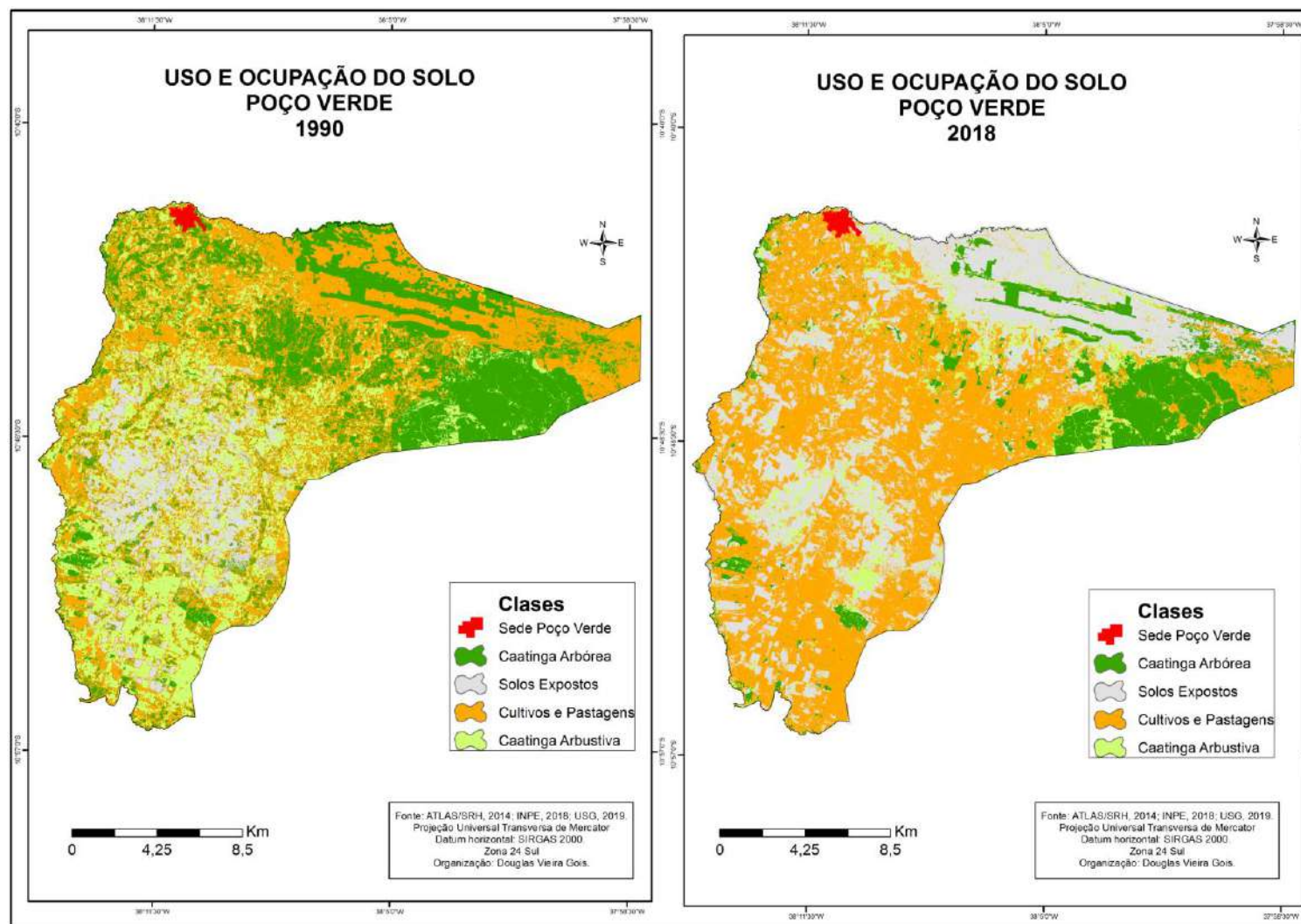


Figura 22- Análise Multitemporal do Uso e ocupação do solo no município de Poço Verde (1990- 2018).



A retirada parcial ou total da vegetação que vem se processando na região semiárida acaba exercendo forte influência do ponto de vista pedológico e bioclimático. Tal situação acaba desfavorecendo a presença de espécies das caatingas mais exigentes em água, dos tipos arbóreos e mais adensados dessa formação, substituídos, cada vez mais, por pequenas “ilhas de vegetação”, o que pode ser considerado uma estratégia das plantas sobreviventes a um ambiente cada vez mais inóspito (GOLDFARB, 2006).

A classe de solo exposto apresentou-se de forma significativa em ambos municípios, porém, em Poço Verde houve predominância dessa classe, visto o processo de expansão da agricultura de cultivos temporários. Tal fato denota grande suscetibilidade ao desencadeamento dos processos erosivos e, por conseguinte, áreas com reduzido potencial de produtividade agrícola, devido à fragilidade das classes de solo presentes na área.

O homem participa ativamente no processo de erosão dos solos do Semiárido, por meio do mau uso agrícola, por não considerar sua capacidade de suporte, por não utilizar técnicas de manejo de cultivo e por não fazer uso dos mais rudimentares artifícios de controle da erosão. A influência antrópica manifesta-se ainda na condução de uma pecuária extensiva, em caráter de pasto nativo e sem a menor condição de controle do pastoreio (SÁ et al., 2010, p. 139).

Quanto a classe Pastagem e Cultivos Agrícolas podemos destacar os altos percentuais em ambos os municípios (ver figuras 19 e 20). Todavia, devemos destacar a maior área em Poço Verde, que possui uma expressiva expansão de monoculturas, em especial o milho. Nessa classe há uma elevada fragilidade, tendo em vista a intensa mecanização e maior exposição do solo aos agentes de intemperismo.

O aumento das áreas de pastagem na região semiárida de Sergipe está relacionado à tendência de expansão da pecuária em Sergipe, pois a maior parte (68%) das propriedades rurais está voltada à formação de pastagem e produção pecuária (SERGIPE, 2014).

Conforme já destacado nesse trabalho, historicamente o semiárido sergipano apresentava uma estrutura fundiária em pequenas e médias propriedades, com o cultivo de subsistência do milho, da mandioca e a criação de gado para consumo doméstico. No entanto, a região nos últimos anos vem apresentando um crescente aumento da sua produção leiteira, o que vem pressionando a conversão de Caatinga em pastagens e grades lavouras monocultoras, com destaque para o município de Poço Verde.

Corroborando com tais resultados, em estudo sobre a mudança no Uso e ocupação do solo da terra na região semiárida de Sergipe, Fernandes et al (2015), destacam o aumento de áreas de pastagem e de áreas de cultivos agrícolas, devido ao incentivo fiscal e à modernização da produção, atrelados à diminuição das classes de caatinga e capoeira.

Além das classes destacadas, cabe salientar a existência dos perímetros irrigados em Canindé de São Francisco. Tais áreas demandam maior atenção, devido a alta suscetibilidade à salinização dos solos e a consequente degradação ambiental da área.

De acordo Oliveira et al. (2002), a salinização, associada à falta de habilidade de parte dos irrigantes no manejo da irrigação e às peculiaridades edafoclimáticas do Nordeste brasileiro, muito tem contribuído para o processo de degradação de solos da região. Elevadas concentrações de sais nos solos constituem um dos problemas para a agricultura global, com graves consequências econômicas e sociais (FARIFTEH et al., 2007).

Pesquisas comprovam a existência de áreas salinizadas no município de Canindé de São Francisco. De acordo com Santos (2015), o perímetro irrigado Jacaré-Curituba encontra-se com solos salinos, salinos sódicos e sódicos, além de uma degradação do solo, bem como a redução da vegetação nativa na área, concluindo-se que o perímetro se encontra em um processo de salinização avançado e a falta de manejo adequado acelera o processo.

O mapa do Uso e ocupação do solo na área de estudo evidencia a distribuição espacial das classes presentes na área. Nota-se que Pastagem Cultivos Agrícolas e Solo Exposto ocupam de modo preponderante os perímetros dos municípios. A predominância desse tipo de uso do solo aumenta a predisposição ao desencadeamento dos processos erosivos, efeito maximizado também pelas implicações das ações climáticas associadas à semiaridez.

Ademais, podemos destacar, a princípio, que o processo de desertificação no município de Poço Verde e Canindé de São Francisco está associado ao processo de ocupação da região e do seu uso intensivo para a agropecuária. Todavia, a correlação com outros indicadores trará uma melhor compreensão da gênese de degradação para cada município, com o prognóstico dos cenários de degradação/desertificação. Isso é o que veremos nos próximos tópicos.

4.2 Modelagem de parâmetros Biofísicos para o risco à Desertificação

A aplicação de geotecnologias e técnicas de sensoriamento remoto em imagens orbitais, por meio da análise espacial, proporcionam um diagnóstico espaço-temporal da mudança na paisagem, pois permitem monitorar e diagnosticar o grau de degradação das terras, sendo portanto eficientes indicadores de desertificação.

Diversas variáveis, como a umidade do solo, o albedo, a rugosidade superficial, entre outras, impactam o comportamento da atmosfera por influenciarem vários mecanismos, como os fluxos de radiação, de calor sensível, de calor latente e de momentum, que, por sua vez, podem contribuir, a partir de processos de feedback, com a ampliação ou redução das áreas desertificadas (RODRIGUES et al, 2019).

Além do mapeamento e análise do uso e ocupação do solo, para a modelagem e quantificação dos cenários de desertificação foi preciso espacializar as variáveis biofísicas associadas à estimativa das componentes dos balanços de radiação e energia a saber: (albedo, temperatura da superfície, emissividade, fluxo de calor no solo, NDVI e PNE), conforme figuras (23 a-b, 24 a-b, 25 a-b, 26 a-b, 27 a-b e 28 a-b).

Torna-se imperativo destacar que essa seção não objetiva discutir todos os percentuais dos indicadores, mas mostrar sua espacialização e destacar sua importância para o estudo da desertificação. Esses dados possibilitaram identificar algumas das alterações que a substituição da cobertura vegetal promove nas variáveis ambientais associadas ao processo de desertificação.

Na Figura 23 (a e b) estão representados os mapas temáticos do albedo da superfície das áreas em estudo. O albedo da superfície exerce um controle na quantidade de energia que é absorvida pela superfície terrestre, atuando no balanço final de radiação e energia.

A paisagem diariamente recebe radiação solar, seja ela de forma direta ou difusa. A capacidade que os objetos possuem de refletir essas ondas do espectro eletromagnético é denominada de albedo, ou seja, ele é a razão entre a absorção e reflectância da luz emanada pelo Sol. A capacidade de reflectância dos alvos atuará na termodinâmica dos mesmos, os objetos com baixa capacidade de absorção de luz, apresentarão temperaturas mais baixas. Devem-se ser levadas em consideração suas peculiaridades físicas e químicas. Pois os corpos podem ter uma alta eficácia para refletir, porém, também possui um elevado potencial para armazenar a pouca energia absorvida. Para compreensão dessa dinâmica, é necessário compreender que luz não é calor, mais sua atuação/incidência nos corpos, provoca a vibração

de suas partículas, e quanto mais intensos forem esses movimentos, maior será o calor (MELO, 2016, p. 162).

Na figura 23 (a e b), os valores de albedo nas áreas com vegetação de maior porte variam entre 9 e 13 %. Destaca-se claramente, os contornos de áreas com grande exposição do solo, evidenciada pelo alto valor do albedo, qual seja, faixa de 24 a 27%, ou classe de valores acima de 27%, provavelmente correspondendo a áreas agrícolas.

Resultados similares foram encontrados por Oliveira (2017) ao analisar as vulnerabilidades socioambientais no Alto Sertão de Sergipe. De acordo com a autora, no decorrer das décadas analisadas, sobreveio um aumento gradual dos valores de albedo, especialmente associados à expansão do desmatamento e criação de pastagens e monoculturas, com destaque para Canindé de São Francisco.

Robinove et al. (1981) mostraram que o aumento no albedo é primeiramente devido ao solo exposto, e diminuição no albedo é primeiramente devido ao aumento da umidade do solo e aumento na densidade da vegetação. A redução da cobertura vegetal também aumenta o albedo, que é a reflectância das propriedades da superfície do solo. Sob circunstâncias específicas, o aumento no albedo reduz a precipitação local, intensificando o processo de desertificação.

O aumento do albedo (capacidade de refletir a radiação solar) do solo provoca a elevação da temperatura atmosférica, alterando os microclimas locais. O solo desnudo e desprotegido fica exposto às erosões eólica e hídrica, que arrastam as pequenas partículas (argila, silte e grânulos orgânicos), tornando-o menos fértil e com menor capacidade de armazenamento de água (SÁ et al., 2010).

Na Figura 24 (a e b) estão representados os mapas temáticos de emissividade dos municípios de Canindé de São Francisco e Poço Verde. Apesar de ser utilizado como indicador complementar, para validar a temperatura e o índice de vegetação, podemos destacar que a emissividade confirma as áreas de solo exposto e densidade vegetal. Conforme podem ser visualizados nos mapas da figura 17, onde predominam áreas de baixa emissividade, que correspondem aos solos expostos ou com baixa proteção, enquanto as altas emissividades, que se restringem a pequenas parcelas dos municípios estão associadas aos remanescentes de caatinga e serras residuais, onde existem fragmentos florestais.

Nesse sentido, deve-se destacar que a intensidade da radiação polarizada depende da emissividade da superfície, estando a alta refletividade associada à baixa emissividade. As

superfícies que refletem maior quantidade de radiação de forma especular, como por exemplo a água, apresentam baixas emissividades (0,5), enquanto que os refletores difusos, como o solo e a vegetação, apresentam altos valores de emissividade (0,9) (BASTOS, et al, 2000).

Ainda segundo Bastos et al, (2000), alguns experimentos de pequena escala mostraram que as emissividades das superfícies continentais são sensíveis às propriedades do solo e da vegetação. Portanto, a emissividades pode ser usada para monitorar variações nas propriedades da superfície e da vegetação em diversas escalas.

No que diz respeito ao fluxo de calor no solo, o mesmo é utilizado para apoiar a análise do balanço hídrico no ambiente. O fluxo de calor no solo representa a fração da radiação que foi transferida ao solo, resultando em acréscimo de energia nesse, a qual, posteriormente será expressa em temperatura de superfície.

Assim, quanto a importância do fluxo de calor no solo Funari et al, (2017), ressaltam que o balanço de energia radiante ou radiação líquida (R_n) é o saldo de radiação no ambiente. É a fonte de energia disponível para os processos de evapotranspiração (calor latente), aquecimento do ar atmosférico (calor sensível) e do solo (fluxo de calor no solo – G), além dos processos de fotossíntese, respiração e aquecimento dos vegetais. Portanto, os processos físicos, químicos e biológicos no solo dependem do fluxo de calor em seu interior.

Observa-se na figura 25 (A e B), que grande extensão das áreas dos municípios apresentam fluxo de calor no solo variando de 100 a 135 $W\ m^{-2}$, representando, aproximadamente, 70% da área, e possivelmente associada à escassez de umidade e chuva na área. As regiões de maior altitude (11% da área total), apresentaram fluxo de calor no solo de 75 a 100 $W\ m^{-2}$. Essas áreas apresentam vegetação mais densa, sendo, portanto, capazes de manter a umidade do solo por um período maior.

Nessas áreas, há predominância de solo exposto e de vegetação caducifólia comumente encontrada no semiárido brasileiro, com tendência em elevar o fluxo de calor no solo. Os valores encontrados são compatíveis com o resultados dos estudos realizados por Silva e Bezerra (2006), que, para regiões semiáridas, obtiveram valores médios da ordem de 103,7 e 106,8 $W\ m^{-2}$, em condições de solo descoberto e caatinga, respectivamente.

O Índice de vegetação derivado de imagens de satélites se fundamenta na existência de uma relação direta entre biomassa verde das plantas e o índice de vegetação, no caso desse trabalho o índice de vegetação por diferença normalizada, NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Variações espaciais e temporais de grande intensidade na densidade e na

biomassa vegetal das terras secas, em resposta a flutuações estacionais e anuais na precipitação pluvial, têm sido constatadas através do uso do NDVI a partir de imagens de satélite (NICHOLSON et al., 1990).

Os valores de NDVI variam entre - 1 e + 1. Esse índice permite identificar a presença de vegetação verde na superfície e caracterizar a sua distribuição espacial, bem como a evolução de seu estado ao longo do tempo, o qual é determinado pelas variações das condições climáticas reinantes. Sua interpretação deve levar em consideração os ciclos fenológicos anuais a fim de se distinguir as oscilações naturais do estado da vegetação (BARBOSA et al., 2006).

O NDVI é uma variável que vem sendo bastante empregada na estimativa de áreas secas, e está intimamente correlacionado a variáveis climáticas da região (BARBOSA et al., 2006). Variações na dinâmica da vegetação têm sido de grande importância em regiões semiáridas, não somente em averiguações sobre alterações no cenário de secas, mas também na modelagem da desertificação.

Assim, o NDVI pode ser importante indicador de desertificação e de redução de fitomassa da Caatinga. As áreas de coloração vermelha apresentaram menores índices de vegetação positivos, variando entre 0,003 e 0,20 (Figura 26- A e B). Esse intervalo de classe é característico de áreas com vegetação rala ou sem vegetação, muito característica em regiões semiáridas.

A cor verde-clara na imagem expressa as áreas com vegetação arbustiva ou áreas cultivadas, situadas principalmente próximas a corpos d'água ou brejos de exceção. Já as tonalidades em verde mais escuro indicam área com maior biomassa vegetal, que estão localizadas em áreas mais úmidas com remanescentes florestais.

Complementando a análise dos parâmetros biofísicos, a temperatura de superfície surge como um indicador importante no monitoramento de condições da vegetação, variabilidades bioclimáticas e nas aplicações de modelos de previsão de mudanças climáticas em distintas escalas, especialmente em áreas com baixa espacialização dos dados. É quase impossível obter-se Tst do globo inteiro por meio de estações meteorológicas convencionais. Sua estimativa via satélite oferece uma alternativa, pois fornece uma fonte de dados contínuos de alta frequência espaço/temporal com estimativas uniformes (LIU, 2007).

A temperatura de solo nu pode variar em alguns graus em dezenas de metros e entre áreas plantadas e não plantadas a variação é maior. A radiação emitida termicamente por

qualquer superfície depende da temperatura da superfície, da emissividade da superfície, sendo que essa última representa a eficiência da superfície em transmitir a energia radiante gerada no solo. A temperatura do ar não é boa indicadora da temperatura de superfície, porque em algumas superfícies com baixa evaporação (vegetação “estressada”), a temperatura de superfície excede em vários casos em 7°C a temperatura do ar (PRICE, 1993).

Os elevados valores da temperatura na superfície pode ser explicada pela maior ou menor quantidade de energia em forma de calor sensível, em decorrência da baixa proporção da vegetação sobre a área. Na figura 27 (A e B) podemos analisar a preponderância de tonalidades vermelhas, que vão dos 23 à 45°C, especialmente em áreas de pastagens e agricultura de sequeiro, principalmente em cultivos temporários, que deixam o solo exposto em grande parte do ano. As menores temperaturas são observadas em áreas de brejo de altitude e remanescentes florestais, além da agricultura irrigada. Tais valores confirmam os dados dos demais indicadores, especialmente o NDVI, portanto, confirma-se a importância da integração dos indicadores para a realização das análises e cenários.

Estimar as trocas de energia na biosfera é essencial para modelar cenários atuais, pretéritos e futuros. Tendo em vista que cada vez mais as ações antrópicas interferem de forma mais latente e fugaz no meio. Sabe-se que apenas um parâmetro físico, no caso em questão é a estimativa de temperatura superficial dos alvos, por si só não dá conta de explicar o cenário no todo (MELO, 2016, p 166).

Outro indicador preponderante na análise do processo de degradação e risco à desertificação é o Potencial Natural de Erosão (PNE), tendo em vista a importância das características dos solos e sua suscetibilidade a erosão dentro dos cenários de degradação. O PNE é estimado pelo produto dos parâmetros Erosividade da chuva (R) x Erodibilidade do solo (K) x Declividade (S), para condição padrão.

O potencial natural de erosão nas áreas pesquisadas (Figura 28- A e B) é preponderantemente moderado, e influenciado pela baixa erosividade da chuva e da declividade do terreno e o tipo de solo dominante. O PNE médio potencializa o risco à desertificação. As áreas com PNE alto estão relacionadas à combinação de solos mais suscetíveis a erosão associado à declividade alta e muito alta do terreno.

As áreas com risco moderado a alto estão localizadas em zonas com baixa densidade vegetal e elevada mecanização. Em áreas com relevo moderado e baixa presença de cobertura vegetal também há elevado potencial de perda de solo.

Observada a fragilidade do ambiente de caatinga em produzir material orgânico para os solos rasos, os efeitos de manejos irracionais de desmatamentos, queimadas e a exploração intensiva pela agricultura e pecuária, provocam a erosão laminar das camadas superiores do solo, deixando expostas camadas de solo cada vez mais vulneráveis a compactação, diminuição das taxas de infiltração e elevação da taxa de erosão, que pode culminar em extensas áreas desertificadas (MELO et al., 2008, p. 14).

Figura 23 a- Albedo de Superfície de Canindé de São Francisco, no ano de 2018; **Figura 23 b-** Albedo de Superfície Poço Verde, no ano de 2018.

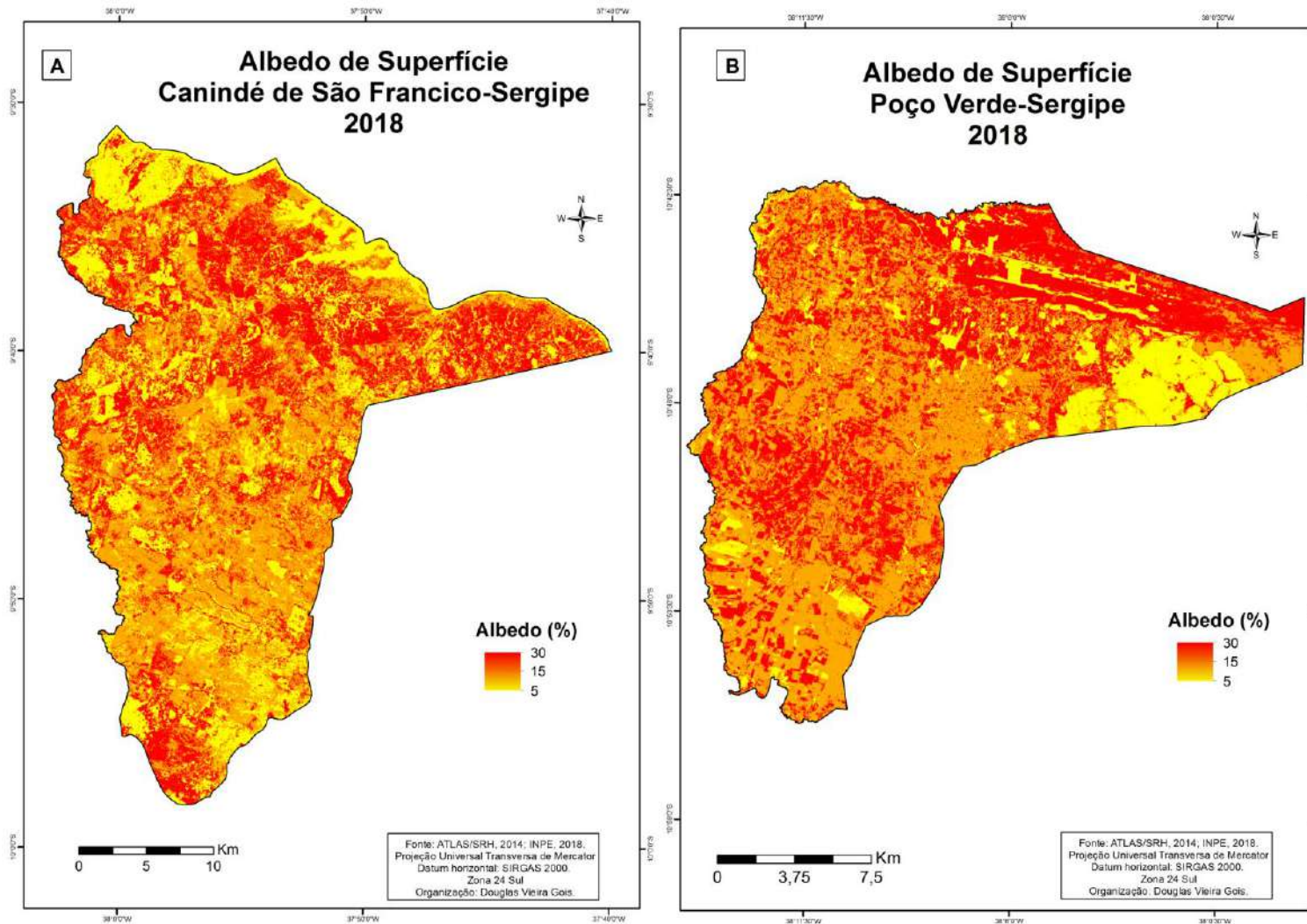


Figura 24 a- Emissividade de Canindé de São Francisco, no ano de 2018; **Figura 24 b-** Emissividade de Poço Verde, , no ano de 2018ano de 2018.

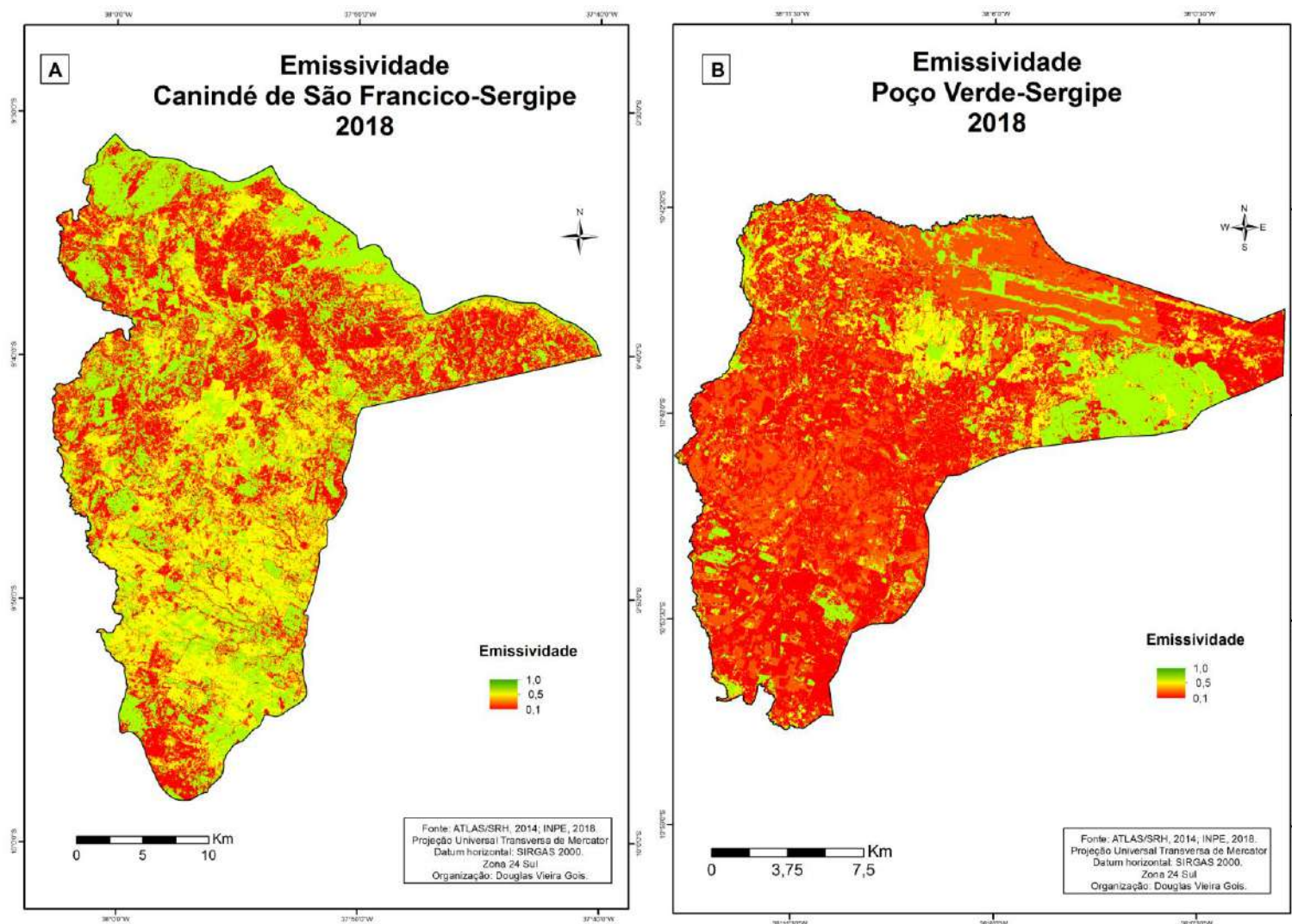


Figura 25a- Fluxo de Calor no Solo de Canindé de São Francisco, no ano de 2018; **Figura 25 b-** Fluxo de Calor no Solo Poço Verde, no ano de 2018.

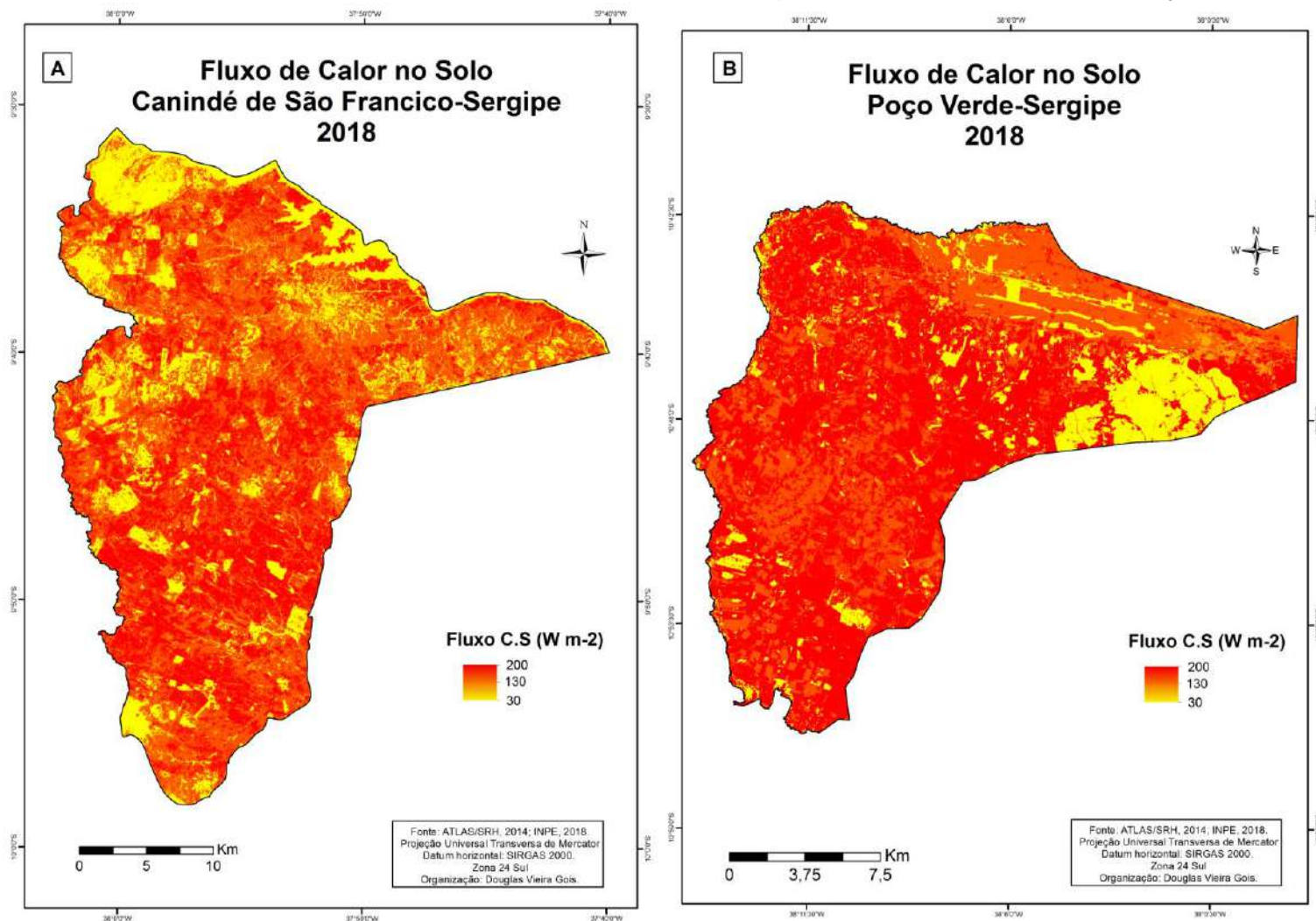


Figura 26 a- NDVI de Canindé de São Francisco, no ano de 2018; **Figura 26 b-** NDVI de Poço Verde, no ano de 2018.

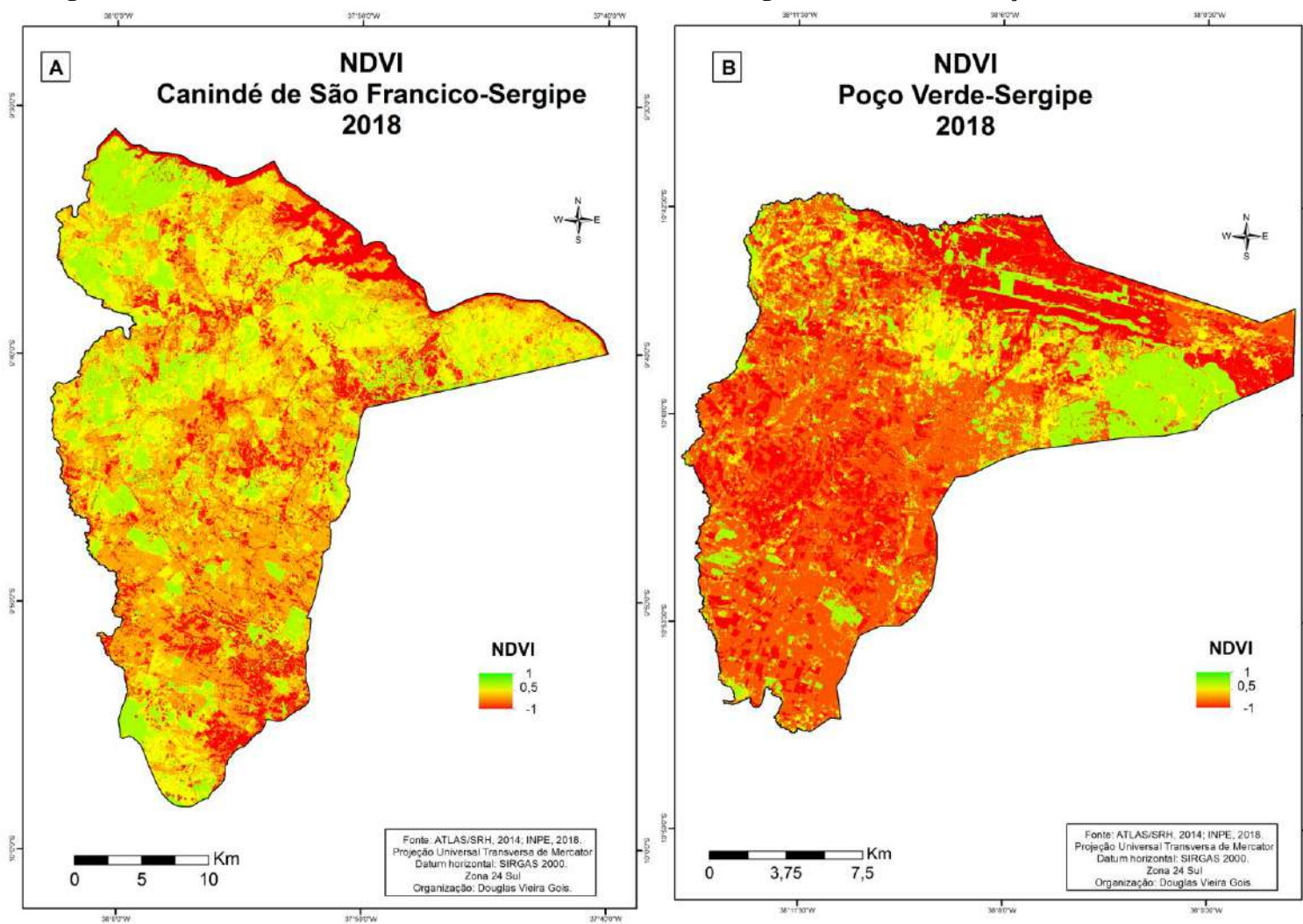


Figura 27 a- Temperatura de Superfície de Canindé de São Francisco, no ano de 2018; **Figura 27 b-** Temperatura de Superfície de Poço Verde, no ano de 2018.

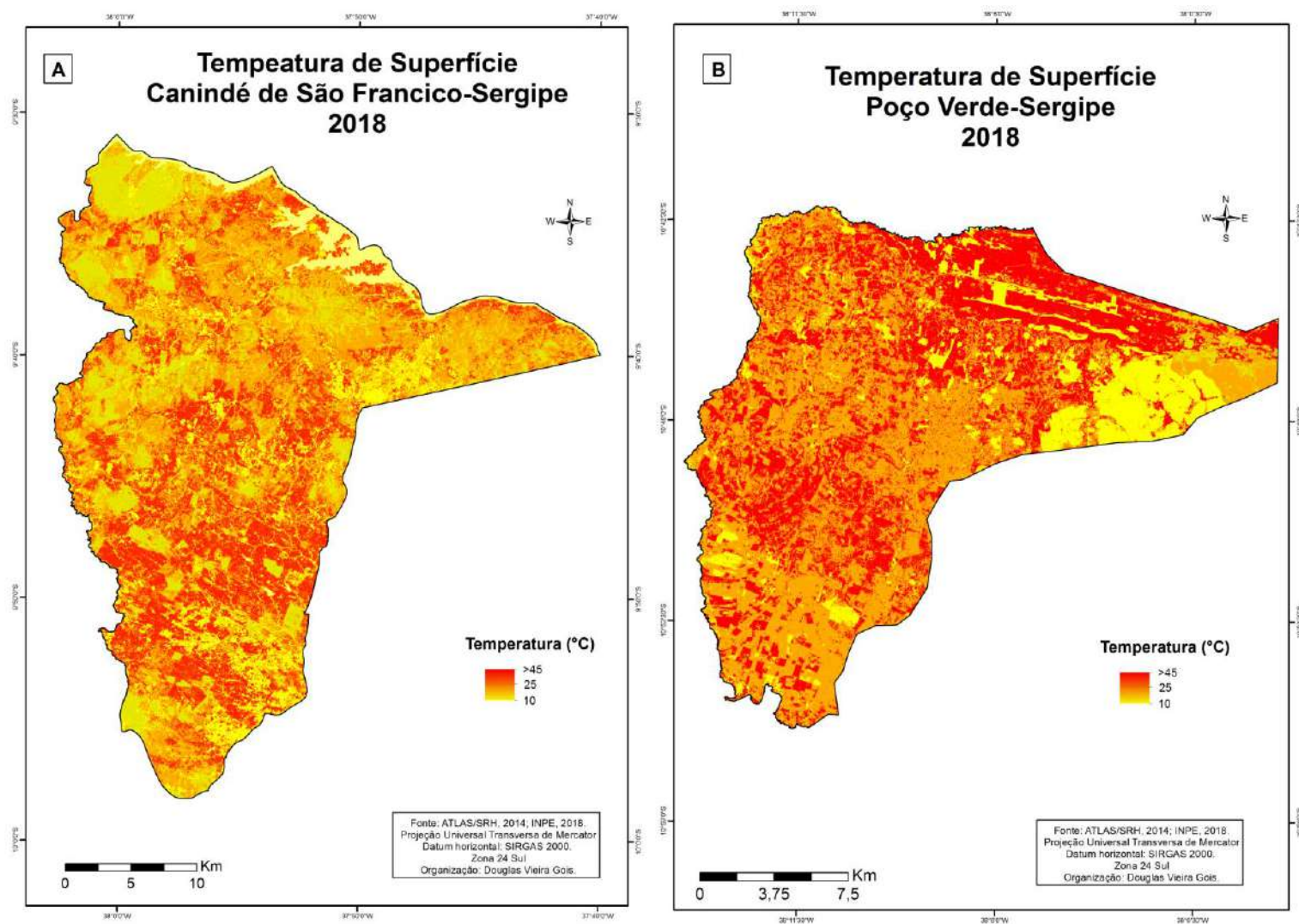
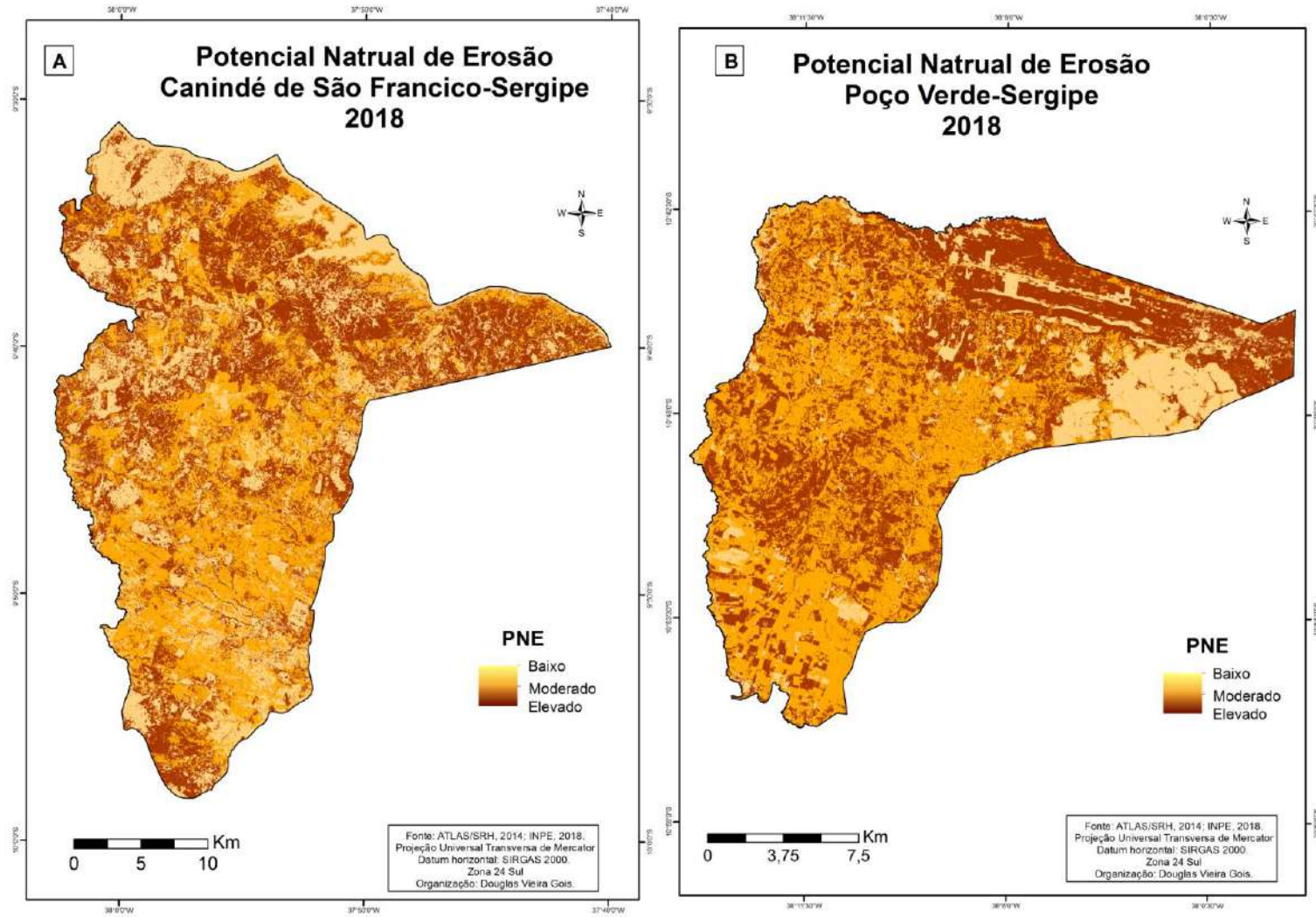


Figura 28 a- PNE Canindé de São Francisco, no ano de 2018; **Figura 28 b-** PNE de Poço Verde, no ano de 2018.



Os diferentes mapas temáticos elaborados para a área de estudo evidenciaram diferenciação dos parâmetros biofísicos entre as áreas vegetadas com caatinga, com as demais áreas, especialmente as de uso agrícola. Portanto, os padrões diferenciados no albedo, na temperatura da superfície, no saldo de radiação, NDVI, fluxos de calor da caatinga, e PNE possibilitam consolidar a hipótese que a sua substituição por pastagem ou cultivos temporários, em particular, aumenta o risco à degradação, além de poder resultar em alterações no clima local, tais como aumento da temperatura e redução no fluxo de vapor d'água para a atmosfera, que poderão acentuar o processo de desertificação, e em longa escala os fluxos de precipitação.

4.3 Cenários de Risco à Desertificação no Semiárido Sergipano: Canindé de São Francisco e Poço Verde

As causas da desertificação são múltiplas e apresentam inúmeros mecanismos de retroalimentação. Todavia, pode-se destacar que estão relacionadas à exploração do patrimônio ambiental com práticas inadequadas frente a fragilidade natural da região semiárida brasileira. A partir da intensa exploração a degradação rompe a capacidade de resiliência dos ambientes, gerando o aumento das áreas degradadas.

O problema se agrava quando tais áreas são ocupadas por grandes contingentes populacionais, o que aumenta a pressão sobre os recursos. Acerca dessa questão, no ano de 1999 Ab'Saber destaca a o semiárido brasileiro como uma das regiões semiáridas mais povoadas entre todas as terras secas existentes nos trópicos. Portanto, o elevado contingente populacional aliada as técnicas inadequadas utilizadas nas atividades agropecuárias aumentam os riscos à desertificação, o que dificulta o desenvolvimento das atividades econômicas na região.

O risco é considerado como probabilidade de ocorrência de acontecimento danoso, enquanto perigo corresponde à proximidade da manifestação do risco e crise é a manifestação do risco fora do controle do homem (FAUGÈRES, 1990; REBELO, 2003 e 2005).

Segundo Rebelo (2008) são muitos os riscos, mas em todos há uma componente estranho ao querer do homem e uma outra componente que é a exposição do próprio Homem à primeira. No entanto, mesmo na que lhe é estranha e que pode ter uma origem natural, o homem chega a ser responsabilizado por ações conscientes ou inconscientes que lhe venham

a conferir maior intensidade. A vulnerabilidade, por seu lado, é, totalmente, criada por si.

Nesse sentido, dentro do estudo dos riscos pode-se encontrar diversas tipologias de análise. De acordo com Veyret (2013), podemos classificar em: riscos Industriais, que estão associados às atividades de armazenamentos de produtos tóxicos, à produção e ao transporte de materiais perigosos; riscos tecnológicos, que correspondem à probabilidade de ocorrer um acontecimento fora do comum, temporalmente inesperado, ligado às disfuncionalidades de um sistema; riscos econômicos/geopolíticos/sociais, os quais relacionam-se a partilha e o acesso a certos recursos, renováveis ou não e os riscos ambientais, que resultam da associação entre os riscos naturais e os riscos decorrentes de processos naturais agravados pelas mais distintas atividades antrópicas, destacando portanto as derivações do homem sobre a natureza.

Assim, tendo em vista a influencia do vetor antropogênico para a ampliação do risco à desertificação, o presente trabalho enquadra-se na categoria dos riscos naturais agravados pelo homem.

4.3.1 Cenário Atual de Risco à Desertificação

A integração dos dados de albedo da superfície; emissividade; temperatura da superfície; NDVI; fluxo de calor no solo; precipitação presente e futura; temperatura do ar presente e futura, uso e ocupação do solo e PNE tornam mais robustos os resultados das análises das áreas degradadas e, por conseguinte o risco à desertificação. Tendo em vista o aumento da degradação do solo e a importância do fenômeno climático no processo de desertificação, estabelecemos prognósticos de risco à desertificação, os quais denominamos como cenários. Foram realizadas análises para o clima e uso do solo presente bem como para projeções de mudança no clima com aumento da semiaridez.

O risco à desertificação no Semiárido Sergipano foi classificado em quatro níveis, a saber: Muito alto, Alto, Moderado e Baixo. Para o cenário de risco atual (figura 30), no município de Canindé de São Francisco as áreas de ocorrência de risco - Muito alto representam 12,1% do território e estão dispersas em manchas em todo o território, marcadamente em áreas de solo exposto que foram utilizadas para a agricultura e estão abandonadas ou em espaços de afloramentos rochosos e com presença de neossolos (figura 29).

De acordo com estudo de Sá et al., (2010), nos Neossolos Litólicos, a suscetibilidade à

erosão é muito alta em qualquer dos casos e é determinada basicamente pela ocorrência do substrato rochoso em pequena profundidade. A erosão é potencializado quando é removida a vegetação original.

A classe de risco Alto também está dispersa em manchas em todo o território municipal, com presença marcante em área de cultivos e pastagens, correspondendo a 35,5%. Já as áreas da classe de risco- Moderado e Baixo estão localizadas em regiões de sucessão secundária de vegetação, onde predominam a caatinga arbustiva e áreas de agricultura irrigada e ocupam 37,7e 14,7%, respectivamente. Cabe salientar que o risco baixo representa predomina em áreas de maior densidade arbórea, sobretudo em áreas de remanescentes vegetais, brejos de altitude e APP's próximas a corpos d'água, especialmente o rio São Francisco e as Unidades de Conservação.

A cobertura vegetal é, talvez, o mais importante dos fatores de controle do fenômeno da desertificação no espaço semiárido. Mesmo decidua, a caatinga não deixa de desempenhar o papel de protetor do solo contra as intempéries, diminuindo a sua degradação. Esta constatação afirma, categoricamente, que a principal causa da erosão, nessa região, é, sem dúvida, a devastação desenfreada da vegetação com os objetivos do atendimento de necessidades energéticas e do fornecimento de estacas para cercas e outros fins. Quando o desmatamento se faz a corte raso, com vista ao aproveitamento agropecuário, a terra tende a permanecer desprotegida por longos períodos de tempo, em decorrência da intinerância das explorações e, principalmente, da baixa capacidade de regeneração da vegetação nativa em determinados locais (SÁ et al., 2010, p. 137).

Ainda com relação à classe de risco moderado, cabe destacar que embora as áreas de agricultura irrigada estejam configuradas com risco moderado, a prática da irrigação sem o devido manejo pode aumentar o risco, especialmente com o fenômeno de salinização do solo (figura 29). Castro e Santos (2015) destacam que a salinização é o processo de acúmulo de sais solúveis nos solos proporcionado pelas ações humanas através das práticas de uso dos solos, assim como, provocados por processos naturais. Tal problema provoca redução da capacidade de produção agrícola de centenas de hectares de terras, principalmente nas regiões semiáridas e áridas, incluído parte das terras localizadas no Nordeste brasileiro.

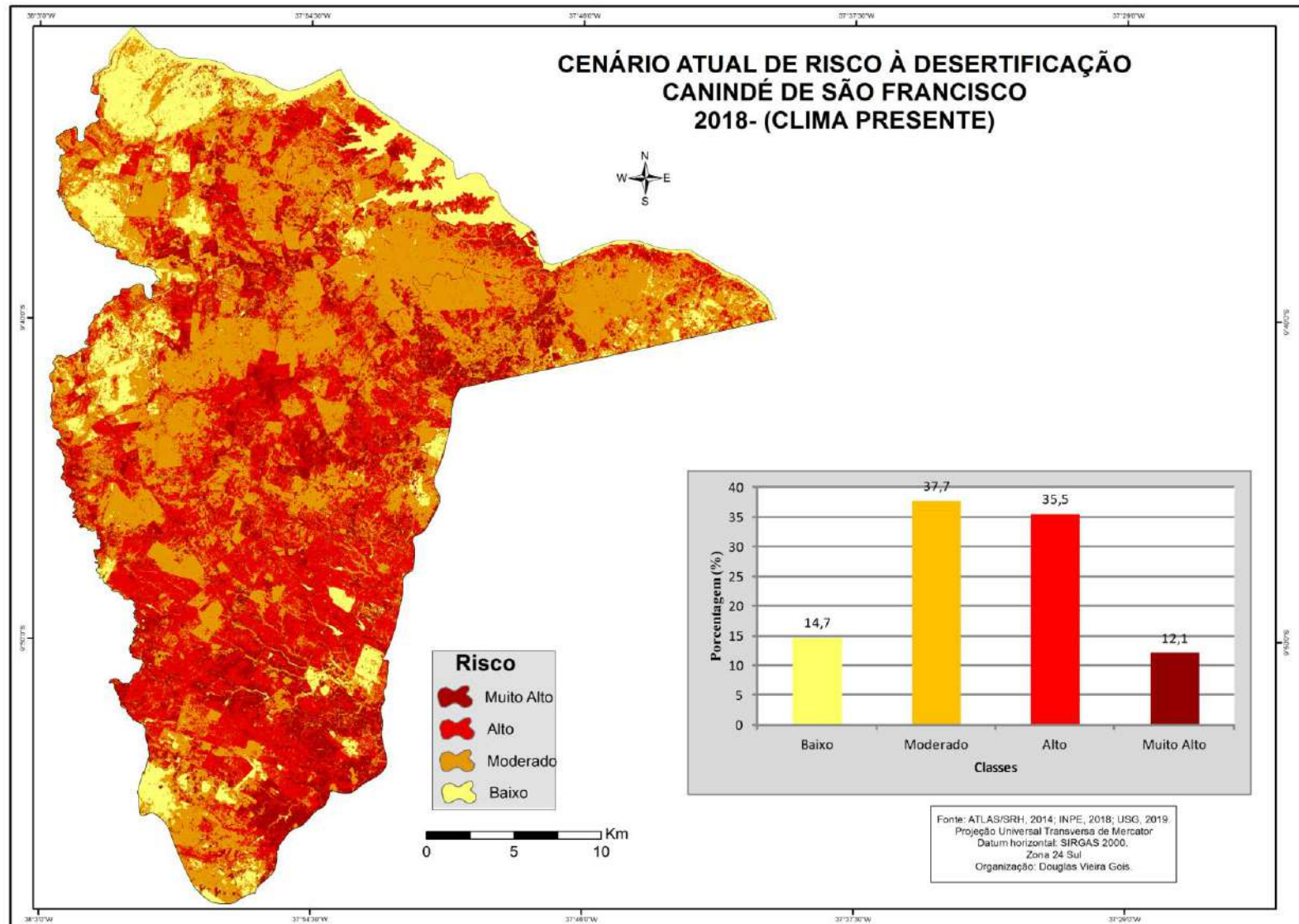
Figura 29- Mosaico representativo das áreas de risco à desertificação no Município de Canindé de São Francisco –SE.



Fonte: GOIS (2019).

Para muitos estudiosos, a salinização é a mais importante causa de degradação dos solos do Semiárido e ocorre, principalmente, nas áreas irrigadas. Segundo Sampaio e Salcedo (1997), o problema da salinidade estaria diretamente relacionado com as áreas de irrigação. Registros da literatura indicam que 50% da área irrigada no Nordeste estariam afetadas pela salinidade, notadamente nos perímetros que utilizam água de açudes, cuja qualidade, de maneira geral, não é muito adequada para irrigação. Todavia, é importante destacar que o processo também pode ocorrer em áreas sem irrigação e estar ligada sobretudo ao manejo do solo.

Figura 30- Cenário Atual de Risco à Desertificação no Município de Canindé de São Francisco-SE;



No município de Poço Verde, para o cenário de risco atual (figura 32) áreas de ocorrência de risco Muito alto representam 8,7% do território e estão dispersas em manchas em todo o território, marcadamente em áreas de solo exposto utilizadas para a agricultura e estão abandonadas por falta de fertilidade devido à intensa utilização para a monocultura do milho. Nesses espaços há uma presença marcante dos Neossolos e Luvissolos (figura 31).

Figura 31- Mosaico representativo das áreas de risco à desertificação no Município de Poço Verde – SE.



Fonte: GOIS (2019).

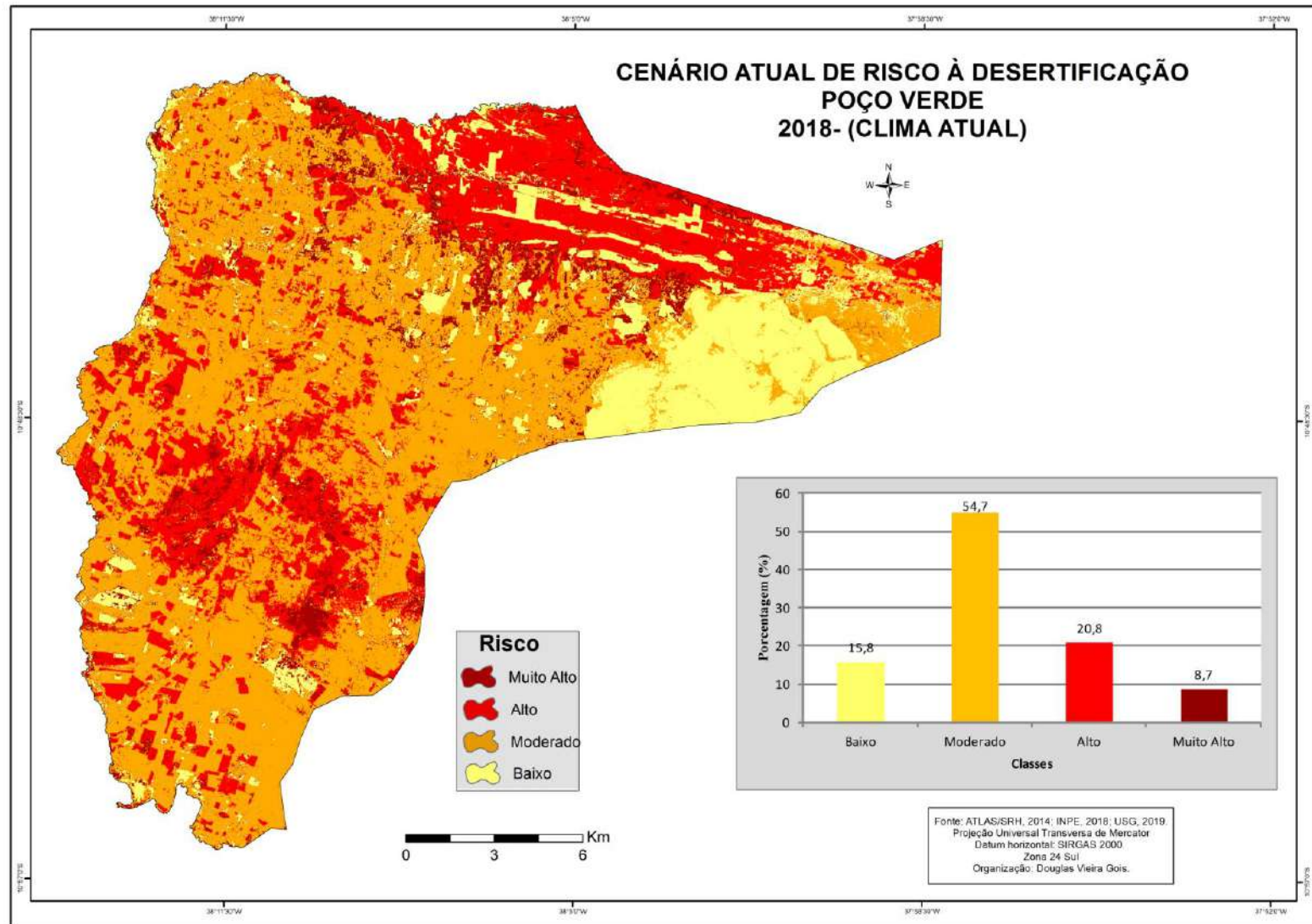
Em estudo sobre o mapeamento da degradação ambiental/deertificação do município de Picuí Francisco et al. (2013) concluíram que a classe muito alta de degradação ocorre em grande parte no terço superior e inferior da área. Em grande parte, associada ao baixo nível de proteção da vegetação aos solos da área e a alta erodibilidade dos Neossolos Regolíticos Eutróficos e a média erodibilidade dos Neossolos Litólicos Eutróficos que estão associados ao fator declividade e cobertura do solo.

A classe de risco Alto também está dispersa em manchas em todo o território municipal, com presença marcante em área de cultivos e pastagens, correspondendo a 20,8%. Já as áreas das classes de riscos Moderado e Baixo estão localizadas em regiões de sucessão

secundária de vegetação, onde predominam caatinga arbustiva e áreas de agricultura irrigada e ocupam 54,7% e 15,8%, respectivamente. Devemos destacar que a categoria de risco baixo fica restrita a áreas com maior biomassa vegetal, em reservas legais, APP's e demais remanescentes vegetais, principalmente nas margens de copos d'água, como no rio Real e seus afluentes.

Corroborando com essa análise, em pesquisa similar, Francisco et al. (2013) destacam que a classe de degradação baixa, por sua vez, ocorre nas áreas planas com a ocorrência de Latossolo Amarelo Distrófico e Argissólo, mais fértil e protegido pela vegetação mais densa.

Figura 32- Cenário Atual de Risco à Desertificação no Município de Poço Verde-SE;



Podemos destacar que para o cenário atual, ambos os municípios pesquisados apresentam áreas restritas (ilhas) de risco muito alto à desertificação, o que, a princípio, denota uma condição de segurança quanto ao processo de degradação. Todavia, a presença marcante das classes alta e moderada associadas às atividades predatórias de agricultura intensiva e pecuária, pode conduzir à ampliação das paisagens desertificadas.

Para o cenário atual, apesar da ação marcante da semiaridez e da sua atuação no processo de desertificação nas duas áreas estudadas, as análises demonstram que o aumento do risco à desertificação em Poço Verde é resultante, sobretudo do intenso e inadequado uso do solo e consequente devastação da vegetação, que quando inexistente ou rarefeita, favorece a ação dos processos de degradação dos solos de forma mais intensa. Enquanto no município de Canindé de São Francisco, a variável climática é mais incisiva e ações com menor intensidade podem gerar mais impacto no ambiente. Ademais, destacamos que a dinâmica climática associada às derivações antropogênicas nos municípios configuram territórios com cenários com tendenciais de expansão do processo de degradação/desertificação.

4.3.2 Cenário Futuro de Risco à Desertificação

A maior preocupação nesse cenário de clima futuro está relacionada com a expansão das áreas de risco Muito Alto. Trabalhos mais recentes divulgados pelo CGEE (2016), adotando como indicadores índices climáticos e de vegetação extraídos de imagens de satélite, inserem áreas de risco muito alto noroeste de Sergipe. Para o CGEE, as áreas suscetíveis à desertificação (ASD) são consideradas áreas fortemente degradadas 834,75 Km², o que corresponde a 5,15% em relação ao estado de Sergipe.

Nessa parte do trabalho modelamos os impactos das mudanças de clima no estado de Sergipe para o cenário RCP 8.5, levando em consideração as variáveis: Precipitação (P, em mm) e Temperatura (T, em graus Celsius), o modelo climático Modelo Regional Climático MIROC 5 Eta, associado aos parâmetros biofísicos propostos (albedo, temperatura da superfície, emissividade, fluxo de calor no solo, NDVI e PNE). Destacamos, portanto a influência de uma mudança no balanço radiativo e nos índices de aridez como forçante para o processo de desertificação.

Vieira et al. (2015) ao estudarem as áreas susceptíveis à desertificação no Nordeste para o clima presente e futuro, analisaram o índice de aridez das projeções futuras para o Nordeste brasileiro, e constataram um aumento na aridez destas áreas. Além de verificarem o deslocamento de áreas que não eram consideradas como áreas de risco climático para desertificação, se tornaram áreas de risco.

Em geral, todas as projeções simuladas pelo modelo Eta-MIROC5 para o cenário 8.5 apresentaram expansão dos níveis de aridez e consequentemente do risco de desertificação em ambos municípios estudados, conforme dados que seguem.

Para o cenário Futuro (figura 33), no município de Canindé de São Francisco as áreas de ocorrência de risco Muito alto representam 17,3% do território e estão dispersas em manchas em todo o território, marcadamente em áreas de solo exposto que foram utilizadas para a agricultura e com a expansão para as áreas de pastagens, chegando até em espaços que no cenário atual compunham caatinga arbustiva e/ou em regeneração natural e nos perímetros irrigados.

Quanto à classe de risco Alto, está também está dispersa em manchas em todo o território municipal, correspondendo a 47,6%, ocorrendo em área de cultivos e pastagens, expandindo de forma intensa para espaços que no cenário atual compunham caatinga

arbustiva e/ou em regeneração natural, áreas que outrora estavam em risco moderado.

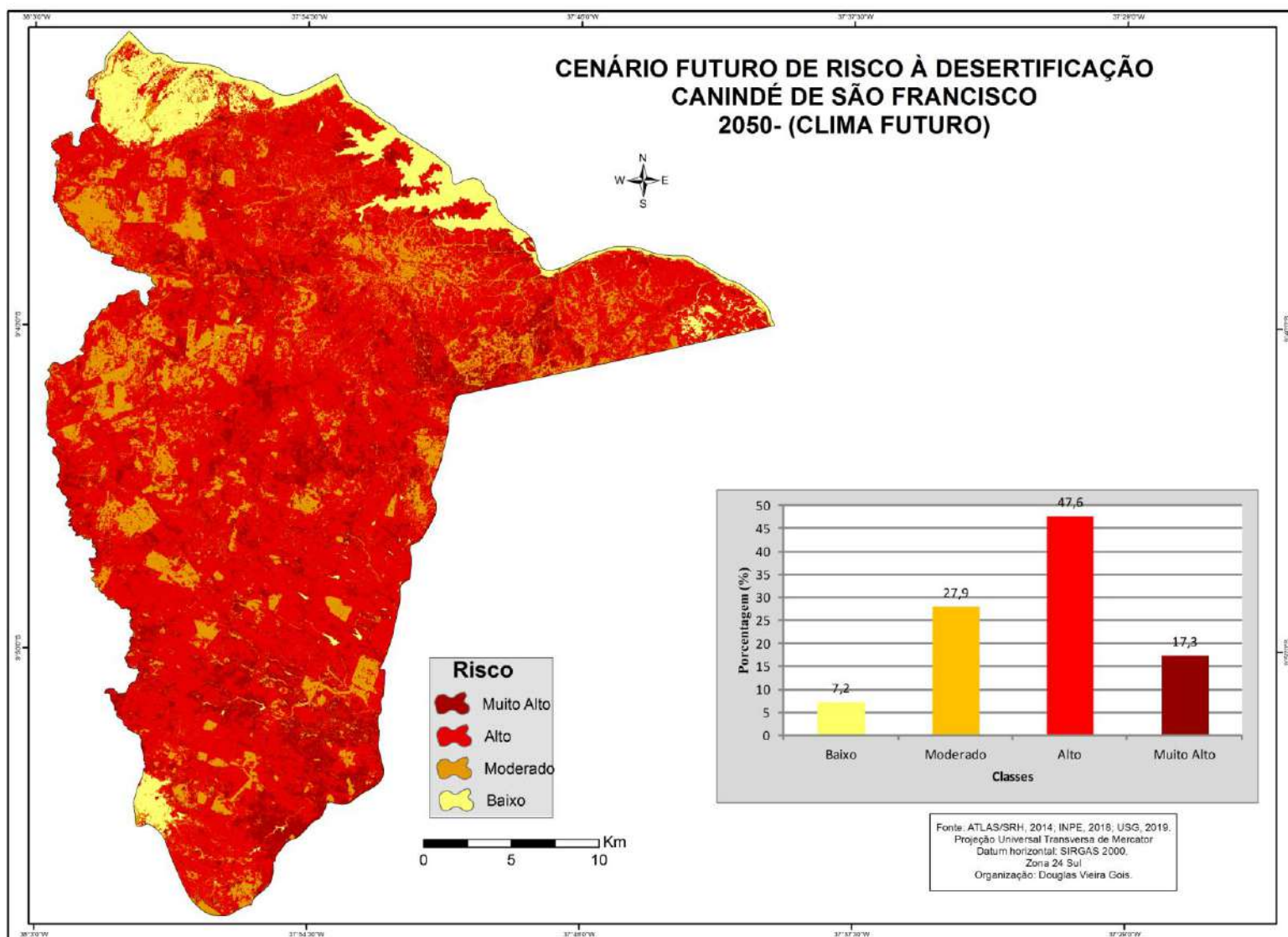
As classe de risco Moderado e Baixo estão localizadas em áreas de sucessão secundária de vegetação, onde predominam caatinga arbustiva e áreas de agricultura irrigada e ocupam 27,9 e 7,2%, respectivamente. A categoria de risco baixo fica restrita a ilhas com maior biomassa vegetal, sobretudo em áreas de remanescentes vegetais, APP's e brejos de altitude.

Os resultados corroboram com estudos anteriores validados por Santos et al. (2010), Sousa e Oyama (2011) e Marengo e Bernasconi (2015), que afirmam que as áreas dos estados do Nordeste terão aumento no processo de desertificação para os cenários futuros de 2050 e 2100, principalmente nas regiões que compõem o semiárido. Todavia, nosso estudo foi mais refinado devido as escalas adotadas e suas particularidades.

Para o cenário futuro, as áreas de risco Muito alto e Alto apresentaram um aumento de cobertura. Áreas que no cenário de clima presente foram classificadas com risco - Baixo, para o cenário do clima futuro foram classificadas como de risco Moderado, algumas áreas com maior pressão antropogênica chegaram a alto risco.

Resultados similares foram encontrados no estado da Bahia por Dourado (2017), que constatou que diante das projeções climáticas futuras, com aumento de temperatura, diminuição da precipitação, aumento da evapotranspiração e aumento da aridez, o modelo previu uma expansão no risco de desertificação, principalmente nas áreas de risco muito alto e alto.

Figura 33- Cenário Futuro de Risco à Desertificação no Município de Canindé de São Francisco-SE;



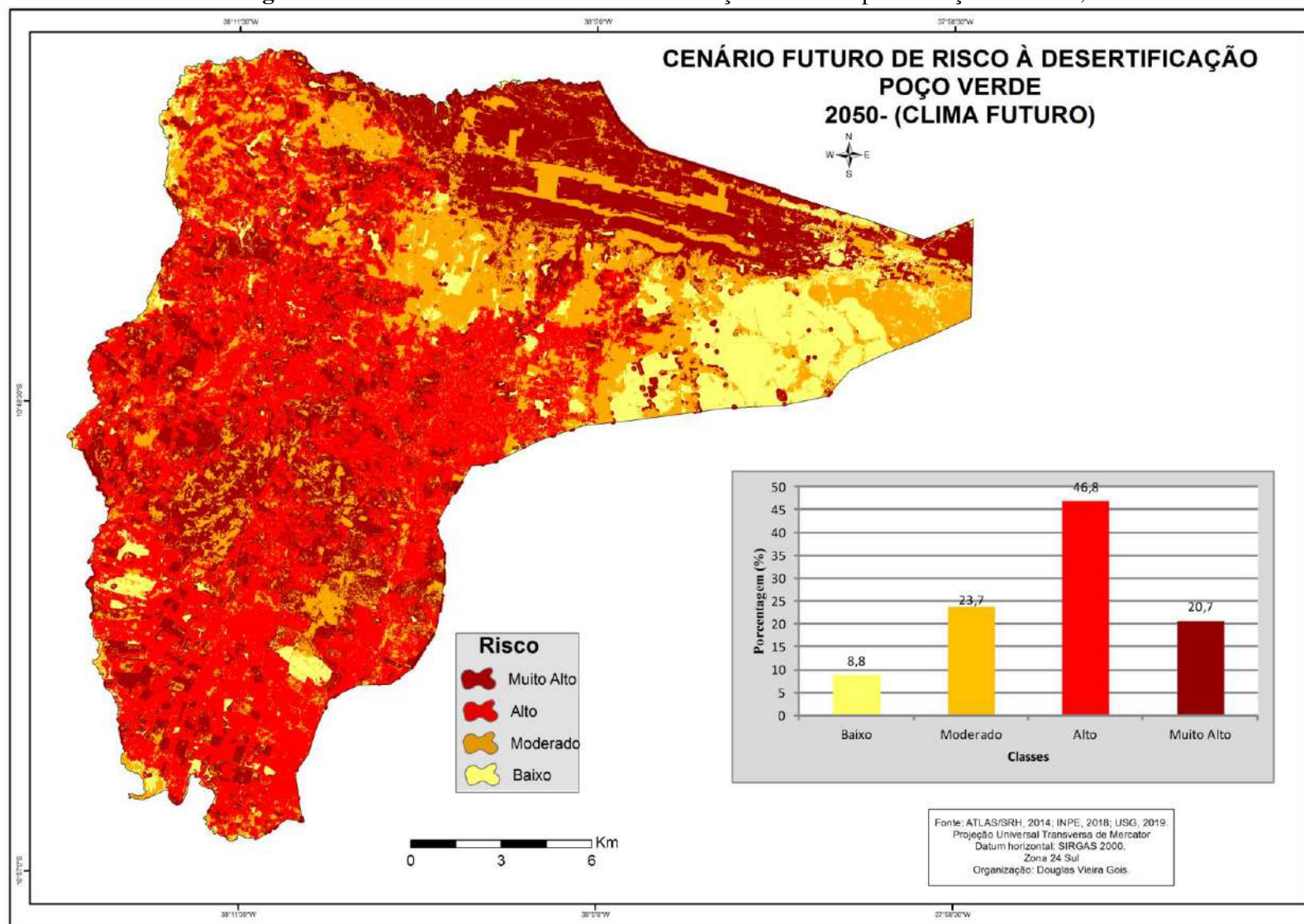
Para o cenário Futuro (figura 34) no município de Poço Verde as áreas de ocorrência de risco Muito alto representam 20,7% do território e estão dispersas em manchas em todo o território, marcadamente ao norte do município, em áreas de solo exposto que foram utilizadas para a agricultura e estão abandonadas ou em espaços de afloramentos rochosos e presença de Neossolos (figura 31).

A classe de risco Alto também está disperso em manchas em todo o território municipal, com presença marcante em áreas de cultivos e pastagens, correspondendo a 46,8%. Já as áreas das classes de riscos Moderado e Baixo estão localizadas em regiões de sucessão secundária de vegetação, onde predominam caatinga arbustiva e brejos, representando 23,7 e 8,8%, respectivamente. Já a categoria de risco muito baixo representa apenas 6,5% do município, ficando restrita a áreas com maior biomassa vegetal, em reservas legais e demais remanescentes vegetais.

Portanto, o cenário futuro, incluindo mudança no clima indica uma maior expansão do risco à desertificação em Poço Verde, tendo em vista a maior severidade climática associada às práticas de uso do solo inadequadas com a capacidade de resiliência do ambiente.

Corroborando com tais resultados, Guimarães et al. (2016) encontraram resultados semelhantes ao analisar a região Nordeste para os anos de 2079 – 2099. As projeções encontradas por esses autores apontaram aumento da temperatura de 2,1°C e 4°C, aumento de 15% na evapotranspiração com relação ao clima presente, e o índice de aridez projetado teve valores baixos na maior parte das áreas, sugerindo uma tendência no aumento da aridez, ou seja, do risco alto de desertificação no Nordeste brasileiro.

Figura 34- Cenário Futuro de Risco à Desertificação no Município de Poço Verde-SE;



No cenário atual, pode-se destacar que no município de Canindé de São Francisco há uma preponderância de ambientes com elevado risco (alto e muito alto), onde 39% do território se enquadra nessa classe, enquanto Poço Verde, situado numa área de maiores coeficientes pluviométricos e menor variabilidade climática, possui 25,5% do território com elevado risco (alto e muito alto) à desertificação.

Todavia, projetando para o cenário futuro, tendo em vista as derivações antropogênicas, em especial as atividades de agricultura mecanizada (produção de grãos), e pecuária extensiva, ambos os municípios apresentam aumento do risco à desertificação.

No cenário futuro Canindé de São Francisco apresentou um aumento percentual de 60,7% nas áreas de risco elevado, o que corresponde a 62,2% do seu território. Já o município de Poço Verde, com o aumento da severidade climática apresenta 156% de aumento em relação ao cenário presente, que corresponde a 65,5% da área territorial do município.

Portanto, a intensificação dos sistemas monocultores com maior potencial de impacto ao solo associado à mudança no clima pode configurar um aumento desse processo de degradação ambiental e por conseguinte de risco à desertificação e vulnerabilidade da população.

Zuquete (1993) conceitua vulnerabilidade como “característica intrínseca de um sujeito, sistema ou elemento que estão expostos a um evento perigoso (hazard), correspondendo à predisposição destes em serem afetados ou suscetíveis a perdas.

Para Kaztman (2000, p. 7), vulnerabilidade é “a incapacidade de uma pessoa ou de um domicílio para aproveitar-se das oportunidades, disponíveis em distintos âmbitos socioeconômicos, para melhorar sua situação de bem-estar ou impedir sua deterioração”.

Partindo de tais conceitos, podemos destacar que do ponto de vista das relações sociais, o cenário futuro indica um aumento da vulnerabilidade social para a população sertaneja, pois a expansão das áreas degradadas diminui a produtividade das terras e consequentemente, afeta a dinâmica socioeconômica da região, que num processo de retroalimentação, pode gerar maior impactos na paisagem sertaneja, vista a maior pressão sobre os sistemas ambientais.

5 CONCLUSÕES

O quadro histórico de ocupação do semiárido sergipano atrelado às atividades predatórias exercidas sobre o quadro geoambiental frágil tem criado cenários de degradação biofísica que preocupam tanto a população, quando conhecedora do problema, quanto os planejadores.

Nas paisagens da caatinga nos municípios de Poço Verde e Canindé de São Francisco, destacam-se solos rasos, incluindo Neossolos, Planossolos e Luvisolos, cuja distribuição geográfica é controlada principalmente pela natureza do substrato geológico. Nessa área, além das condições climáticas muito restritivas para atividades agrícolas, ainda há restrições relativas à presença marcante de rochosidade, suscetibilidades de erosão e suscetibilidades de salinização que já ocorre de forma natural. Portanto, há uma intensa predisposição do ambiente aos processos degradacionais.

Os dados analisados indicam que os municípios pesquisados sofreram intensos processos de antropização no período analisado, onde a vegetação da Caatinga foi bruscamente convertida em pastagens e cultivos agrícolas, aumentando a degradação dos solos e consequente o risco à desertificação.

A dinâmica climática, com destaque para a irregularidade temporal das precipitações, altera a dinâmica vegetacional e, por conseguinte, aumenta o risco à desertificação. Todavia, deve-se destacar que as derivações antropogênicas, especialmente a pecuária e a monocultura de milho, são os principais vetores de degradação de demandam maior atenção no sentido de mitigar os impactos com vistas à redução dos riscos ambientais nas áreas estudadas.

As geotecnologias se configuraram como um subsídio de suma importância para compreensão da problemática analisada, pois possibilitaram a realização de análises multitemporais do fenômeno. Nesse sentido, o modelo proposto foi capaz de identificar áreas com diferentes níveis de risco de desertificação integrando indicadores biofísicos, edáficos e climáticos. Tal modelo possibilitou um maior detalhamento das áreas com risco atual ao processo de desertificação, ampliando os dados advindos do ministério do meio ambiente.

Nesse sentido, a inserção dos cenários futuros apresenta-se como metodologia necessária frente às incertezas acerca das mudanças ambientais globais, assim como a necessidade de embasamento sobre as projeções das paisagens degradadas para fins de ordenamento do território.

Portanto, devemos destacar que no cenário futuro Canindé de São Francisco apresentou um aumento percentual de 36% nas áreas de risco elevado, o que corresponde a 64,9 % do seu território. Já o município de Poço Verde, com o aumento da severidade climática futura apresenta ampliação proporcional de 129%, nas áreas de risco elevado, em relação ao cenário presente, o que corresponde a 67,5% da área do município. Portanto, a intensificação dos sistemas monocultores com maior potencial de impacto ao solo associado à mudança no clima pode configurar um aumento desse processo de degradação ambiental e, por conseguinte de risco à desertificação.

Os resultados podem subsidiar ações que visem mitigar o processo de desertificação e a consequente vulnerabilidade social para a população sertaneja, tendo em vista os cenários de expansão das áreas com risco a degradação e a consequente maior pressão sobre os sistemas ambientais.

Ademais, podemos destacar que a presente tese possibilitou uma compreensão mais detalhada acerca do processo de desertificação no semiárido sergipano, mostrando as particularidades de cada município pesquisado, com destaque para os vetores potencializadores da expansão do risco à desertificação na área de estudo.

REFERÊNCIAS

AB' SÁBER, A. N. O **Domínio Morfo-climático Semi-Árido das Caatingas Brasileiras**. Geomorfologia. 43. São Paulo, IGEOG-USP, 1974.

_____. Problemática da desertificação e da savanização no Brasil intertropical. São Paulo, IGEOG-USP, **Coleção Geomorfologia**, 53. 1977, p. 1-19.

ABRAHAM, E. M.; TORRES, L.M. Estado del arte en el uso de indicadores y puntos de referencia en la lucha contra la desertificación y la sequía en América Latina y el Caribe. **Interciência**, Caracas, v. 32, no 12, p. 827 -833, 2007.

AGUIAR NETTO, A. O.; LUCAS, A. A. T.; SANTOS, A.G. C ; ALMEIDA, C. A. P. **Água e ambiente no baixo São Francisco Sergipano**. In: Ariovaldo Antônio Tadeu Lucas; Antenor de Oliveira Aguiar Netto. (Org.). Águas do São Francisco. 1ed. São Cristóvão: UFS, 2011, v. p. 15-32.

ALBUQUERQUE, A. W.; NETO, F. L.; SRINIVASAN, V. S.; SANTOS, J. R. Manejo da cobertura do solo e de práticas conservacionistas nas perdas de solo e água em Sumé, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 6, n. 1, p. 136-141, 2002.

ALHEIROS, M.M. **Avaliação Econômica de Perdas Ambientais na Análise de Suscetibilidades Geológicas**. In: III ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA ECOLÓGICA, 1999, RECIFE. CD-ROM III ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA ECOLÓGICA. RECIFE, 1999. p. 1-14.

AMIRASLANI, F.; DRAGOVICH, D. Combating desertification y Iran over the last 50 years: An overview of changing approaches. *Journal of Environmental Management*, Inglaterra, v.92, p.1-13, jan., 2011.

ANDRADE, K.S.; FEITOSA, P. H.C.; BARBOSA, M.P. Sensoriamento Remoto e Sig na identificação de áreas em processo de desertificação no município de Serra Branca-PB: estudo de caso. In: **Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, p. 4351-4356, 2007.

ANDRADE, M. B. Os Conflitos Socioambientais Presentes nos Assentamentos Rurais em Sergipe: o caso da Barra da Onça no município de Poço Verde e Canindé de São Francisco. **Interfaces Científicas - Saúde e Ambiente**, v. 2, p. 21-29, 2014.

ANJOS, M. W. B. **Ambiente Urbano: Contrastes Térmicos e Higrométricos Espaciais em Aracaju-Sergipe (Brasil)**. 2012. 133f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física e Ordenamento do Território) - Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra. Instituto de Estudos Geográficos, Coimbra.

APOLINÁRIO, O. K. S. **Análise geoambiental e degradação no município de Cabaceiras-PB**. 109f. Dissertação (Mestrado em Geografia). João Pessoa, Paraíba, 2014.

AQUINO, C. M. S. **Estudo da degradação/desertificação no Núcleo de São Raimundo Nonato – Piauí**. Tese (Doutorado em Geografia) – Núcleo de Pós-Graduação em Geografia, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, Universidade Federal de Sergipe, 2010.

AQUINO, C. M. S.; ALMEIDA, O. J.G. B. Estudo da cobertura vegetal/uso da terra nos anos de 1987 e 2007 no núcleo de degradação/desertificação de São Raimundo Nonato - Piauí. **Ra'ega (UFPR)**, v. 25, p. 252-278, 2012.

ARAÚJO, G. H. S.; Almeida, J. R.; GUERRA, A. J. T. **Gestão Ambiental de Áreas Degradadas**. 10. ed. Rio de Janeiro: Editora Bertrand, 2013.322p.

ARAÚJO, H. M; BEZERRA, G. dos S.; SOUZA, A.C.; OLIVEIRA, A. M. Condicionantes naturais no contexto do sistema ambiental físico da região do São Francisco sergipano. **Revista Geografica de America Central**, v. 2, p. 1-15, 2011.

ARAÚJO, H.M; et al. **Potencialidades e Restrições de Uso dos Recursos Naturais no Curso Inferior da Bacia Hidrográfica do Rio Sergipe**. In: VI Seminário Latino Americano II Seminário Íbero Americano de Geografia Física, 2010, Coimbra. VI Seminário Latino Americano II Seminário Íbero-Americano de Geografia Física, 2010.

ARAÚJO, R. S. Classificação climatológica das nuvens precipitantes no nordeste brasileiro utilizando dados do radar a bordo do satélite TRMM. 2015. 126 p. (sid.inpe.br/mtc-m21b/2015/07.07.18.04-TDI). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2015.

ARCHELA, R. S.; ARCHELA, E. Correntes da cartografia teórica e seus reflexos na pesquisa. **Geografia (Londrina)**, Londrina - PR, v. 11, n.2, p. 161-170, 2002.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 15. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. 332p.

BAGNOULS, F.; GAUSSEN, H. **Saison sèche et indicexerothémique**. Toulouse: Faculté de Sciences de Toulouse, 1953.

BARBOSA, A. M. F.; et al. Hydrographic basins and the conflicts for the usage of the waters in the state of Sergipe. **CONFINS (PARIS)**, v. 2, p. 115-135, 2019.

BARBOSA, H. A.; HUETI, A. R.; BAETHGEN, W. E. A 20 - year study of NDVI variability over the Northeast Region of Brazil. **Journal of Arid Environments**, v.67, p.288-307, 2006.

BARRY, R. G.; CHORLEY, J. R. **Atmosfera, tempo e clima**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 528p.

BASTOS, C.; FERREIRA, N. Análise climatológica da alta subtropical do atlântico sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA. **Anais do XI Congresso Brasileiro de Meteorologia**. Rio de Janeiro: SBMet, 2000. v. 11, p. 23-29.

BASTOS, E. J. B.; SOUZA, R. A. F.; ALVALÁ, R. C. S. Emissividade da superfície sobre Brasil a partir de observações do SSM/I em 19 GHz e 85GHz. **Revista Brasileira de Geofísica (Impresso)**, v. 18, p. 147-160, 2000.

BASTOS, E. J. B.; Souza, R. A. F. ; Alvalá, R. C. S. . Emissividade da superfície sobre Brasil a partir de observações do SSM/I em 19 GHz e 85GHz. **Revista Brasileira de Geofísica**

(Impresso), v. 18, p. 147-160, 2000.

BATISTA, W. R.M. **Balanço de radiação e evapotranspiração na bacia hidrográfica do Rio Jacaré-SE mediante imagens orbitais**. 80 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Núcleo de Pós-Graduação e Estudos em Recursos Naturais, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, Universidade Federal de Sergipe, 2009. - São Cristóvão, 2011.

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global. Esboço Metodológico. **Caderno da Terra**, n, 13, p. 1-27, 1971.

BITAR, O.Y. **Guia Cartas geotécnicas: orientações básicas aos municípios**. São Paulo: IPT-Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2015.

BRASIL-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE. **Censo Populacional- 2010**. Rio de Janeiro. IBGE: 2010. –Disponível em:<www.ibge.gov.br>. Acessado em:15/11/2010.

BRASIL. **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca/PAN-Brasil**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente/Secretaria de Recursos Hídricos. 2004.

BUARQUE, S. C. **Construindo o desenvolvimento local sustentável: metodologia de planejamento**. Editora Garamond, 2002.

BUARQUE, S. C. **Metodologia e técnicas de construção de cenários globais e regionais**. 2003.

CAMPOS, J. N. B.; STUDART, T. M. C. **Secas no Nordeste do Brasil: origens, causas e soluções**. In: Fourth Inter-American Dialogue on Water Management, 2001, Foz do Iguaçu. Anais do IV Diálogo Interamericano de. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2001. v. 01.

CAPRA, F. **A teia da vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos**. São Paulo: Cultrix, 1996. 256p.

CASTRO, F. C.; SANTOS, A. M. Susceptibilidade ambiental a salinização das terras em municípios da microrregião de Petrolina - Pernambuco - Brasil. **Caminhos da Geografia** (UFU. Online), v. 16, p. 160-172, 2015.

CAVALCANTI, I. F. d. A. **Um estudo sobre interações entre sistemas de circulação de escala sinótica e circulações locais**. 140 p. Dissertação (Mestrado) — Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 1982-02-05 1982. Disponível em:<<http://urlib.net/sid.inpe.br/MTC-m13@80/2005/08.24.13.44>>. Acesso em: 02 out. 2015.

CCD. **Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação**. Tradução: Delegação de Portugal. Lisboa: Instituto de Promoção Ambiental. 1995.

CGEE - CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **Estudos relativos às mudanças climáticas e recursos hídricos para embasar o plano nacional de adaptação às mudanças climáticas**. Eixo 1 – Cenários de mudanças para estudos de adaptação no setor de

recursos hídricos, Fortaleza, p.65, 2014.

CEPAL. **Vulnerabilidade sociodemográfica: viejos y nuevos riesgos para comunidades, hogares y personas.** Brasília: CEPAL/ ECLAC, 2002.38p.

CHAVES, R. R.; CAVALCANTI, I. F. A. Atmospheric circulation features associated with rainfall variability over southern northeast Brazil. **Monthly Weather Review**, v. 129, n. 10, p. 2614–2626, 2001.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** 2 ed. São Paulo: Edgar Blücher.1979.

_____. Significância da Teoria de Sistemas em Geografia Física. **Bol. Geografia Teórica** 16-17 (31-34 e 119-128), Encontro de Geógrafos da América Latina, Rio Claro, 1986.

_____. **Concepções geográficas na análise do sistema ambiental.** In: II Encontro de Estudos Sobre o Meio Ambiente. Anais. Volume 3: Conferências e Painéis. Florianópolis-SC, 24 a, 1989.

CODEVASF – Companhia do Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba. Baixo São Francisco Sergipano: Estudo **Interdisciplinar das sub-bacias hidrográficas.** Aracaju: CODEVASF. CD-ROM. 2001.

COHEN, J. C. P.; DIAS, M. A. S.; NOBRE, C. A. Aspectos climatológicos das linhas de instabilidade na Amazônia. **Climanálise**, v.4, n. 11, p. 34–40. 1989.

CONTI, J. B. **A desertificação como problema ambiental.** In: III Simpósio de Geografia Física Aplicada Nova Friburgo. 1989. p. 189-194.

_____. O Conceito de Desertificação. CLIMEP. **Climatologia e Estudos da Paisagem**, v. 3, p. 39-52, 2008.

_____. **Desertificação nos trópicos:** proposta de metodologia de estudo aplicada ao nordeste brasileiro. 1995 - Tese de Livre Docência - Departamento de Geografia, FFLCH, USP, São Paulo, 1995.

CORREA, A. C. B.; SOUZA, J.O.P.; CAVALCANTI, L. C. S. **Solos do ambiente semiárido brasileiro: erosão e degradação a partir de uma perspectiva geomorfológica.** In: Antonio José Teixeira Guerra; Maria do Carmo de Oliveira Jorge. (Org.). Degradação dos solos no Brasil. 1ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil Ltda., 2014, p. 127-169.

COSTA O. A; SANTOS, D. N. **Influência da ZCAS e ZCIT e seus efeitos de inundações nas bacias hidrográficas no estado de Sergipe – abril de 2010.** IV Encontro de Recursos Hídricos em Sergipe. Aracaju, 2011.

COSTA, M. C. L. **Arranjo familiar e vulnerabilidade na RMF.** In: COSTA, Maria Clélia L.; DANTAS, Eustógio. W. C. (Org.). Vulnerabilidade Socioambiental na Região Metropolitana de Fortaleza. Fortaleza: Editora da Universidade Federal do Ceará - EUFC, 2009, v. 01, p. 139-164.

CROSTA, A.P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto.** Campinas:

IG/UNICAMP, 1992.

CPRM- Serviço Geológico do Brasil. Projeto Cadastro Da Infra-Estrutura Hídrica Do Nordeste. **DIAGNÓSTICO DO MUNICÍPIO DE POÇO VERDE E CANINDÉ DE SÃO FRANCISCO**. Estado de Sergipe, 2002.

_____. Projeto Cadastro Da Infra-Estrutura Hídrica Do Nordeste. **DIAGNÓSTICO DO MUNICÍPIO DE POÇO VERDE E CANINDÉ DE SÃO FRANCISCO**. Estado de Sergipe, 2002.

CUNHA, L.; DIMUCCIO, L. Considerações sobre suscetibilidades naturais num espaço de transição. Exercícios cartográficos numa área a Sul de Coimbra. **Territorium**, Coimbra, 9, 2002. p. 37-51.

CUNHA, T. J. F. ET, AL. **Principais solos do Semiárido tropical brasileiro: caracterização, potencialidades, limitações, fertilidade e manejo**. In: SÁ, I. B.; SILVA, P.C. G. (Ed.). **Semiárido Brasileiro**. Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação, 2010. p. 49-87. DATALUTA Sergipe – Banco de Dados da Luta pela Terra, 2011. LABERUR/NERA, 2013.

DINIZ, M. T. M. MEDEIROS, S. C. CUNHA, C. J. Sistemas atmosféricos atuantes e diversidade pluviométrica em Sergipe. **Boletim Goiano de Geografia (Online)**, v. 34, 2014 pg. 17-34.

DI PACE, F. T. **Estimativa do balance de radiação a superfície terrestre utilizando imagens TM-LANDSAT-5, modelo de elevação digital**. 2004. Tese (Doutorado). DCA/UFCG. Campina Grande.

DUQUE, G. **Solo e Água no Polígono das Secas**. 3. ed. DNOCS: Fortaleza, 1953.

EHRlich, M.; FONTOURA, S. A. B.; SAYÃO, A. S. F. (Ed). **Landslides: evaluation & stabilization**. Londres: Taylor & Francis Group, 2004. p. 117-123.

EPIPHANIO, J. C. N.; GLERIANI, J. M.; FORMAGGIO, A. R.; RUDORFF, B. F. T. **Índices de vegetação no sensoriamento remoto da cultura do feijão**. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v. 31, n. 6, p. 445-454, 1996.

FAO. **Natural resource sand thehuman environment for food and agriculture**. EnvironmentPaper. Nº1. Roma, 1980.

FARIFTEH, J.; etal. Quantitative analysis of salt-affected soil reflectance spectra: A comparison of two adaptive methods (PLSR and ANN). **Remote Sensingof Environment**, v.110, p.59-78, 2007.

FARIAS, J. F. **Zoneamento Geoecológico com o subsídio para o planejamento Ambiental no âmbito Municipal**. 2012. 193 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

FAUGÈRES, L. **La dimensiondesfaits et lathéoriedu risque**. Le Risque et la Crise, Malta, Foundation for InternationalStudies, 1990. p. 31-60.

FERNANDES, M. R. de M.; et al. Mudanças do uso e de cobertura da terra na região semiárida de Sergipe. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 4, p. 472-482, 2015.

FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. S. Principais Sistemas Atmosféricos Atuantes sobre a Região Nordeste do Brasil e a Influência dos Oceanos Pacífico e Atlântico no Clima da Região. **Revista brasileira de climatologia**, v. 1, p. 15-26, 2005.

FERREIRA, D. G.; et al. A desertificação no Nordeste do Brasil: Diagnostico e Perspectivas. In: **Conferência Nacional e Seminário Latino Americano da Desertificação**. Fortaleza, 1994.

FERREIRA, N. J.; CHAN, C. S.; SATYAMURTI, I. P. Análise dos distúrbios ondulatórios de leste sobre o oceano atlântico equatorial sul. In: **Anais do Congresso Brasileiro de Meteorologia**. Salvador, Bahia: [s.n.], 1990.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. São Paulo, 3ª edição. Oficina de Textos, 2011.

FRANCA, V. L. A.; CRUZ, M. T. S. (Orgs.). **Atlas escolar: Espaço geo-histórico e cultural**. 2. ed. JOÃO PESSOA: GRASET, 2013. v. 01. 199p.

FRANCA, V. L. A. Um breve olhar sobre o sertão Sergipano. In: SILVA, T. E. M. da; LOPES, E, S, A. (Org.). **Múltiplos olhares sobre o semi-árido nordestino**. 1ed. Aracaju: FUNDAÇÃO DE AMAPARO A PESQUISA/SE, 2003, v. 1, p. 73-98

FREIRE, N. C; PACHÊCO, A. P. Desertificação: Análise e Mapeamento. 1. ed. Recife: ED. Universitária da UFPE, 2011. v. 1. 93p.

FULLEN, M.A; CATT, J.A. **Soil Management-problems and solutions**. Oxford: OxifordUniversity Press. 2004.

FUNARI, F. L.; PEREIRA FILHO, A. J. Estimativa do fluxo de calor no solo a partir da temperatura do solo em São Paulo, SP. **Revista do Instituto Geológico**, v. 38, p. 49, 2017.

GAN, M. A.; KOUSKY, V. E. Vórtices ciclônicos da alta troposfera no oceano atlântico sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 1, p. 19–28, 1986.

GARCÍA, M.; et al. Monitoring land degradation risk using ASTER data: The non-evaporative fraction as an indicator of ecosystem function. **Remote Sensing of Environment** v. 112, p. 3720–3736, 2008.

GEO Brasil. **Recursos hídricos**: componente da série de relatórios sobre o estado e perspectivas do meio ambiente no Brasil. / Ministério do Meio Ambiente; Agência Nacional de Águas; Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Brasília: MMA; ANA, 2007. 264 p.

GIL, A. C. **Como elaborar projeto de pesquisa**. 3ª ed. São Paulo: Atlas, 1991.

GOLDFARB, M. C. **Contribuição da vegetação tipo caatinga nos processos de transferência de calor e massa no complexo solo-vegetação-atmosfera na região semi-**

árida de São João do Cariri. 124 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - UFPB, João Pessoa, 2006.

GUERRA; BOTELHO, R. G. M. **Erosão dos solos.** In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. Geomorfologia do Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. p.181-227.

GUERRA, A.J.T. Degradação dos Solos - Conceitos e Temas. In: GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O. (Org.). Degradação dos Solos no Brasil. 1ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014, v. 1, p. 15-50.

GUIMARÃES, S. O.; et al. Projeções de Mudanças Climáticas sobre o Nordeste Brasileiro dos Modelos do CMIP5 e do CORDEX. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 3, 337-365, 2016.

HAMILTON, R.; ARCHBOLD, J. Meteorology of nigeria and adjacent territory. **Quartely Journal Royal Meteorological Society**, v. 71, p. 231–262, 1945.

HERACLIO DO REGO, A. **Os sertões e os desertos: o combate à desertificação e a política externa brasileira.** 1. ed. Brasília: Fundação Alexandre de Gusmão, 2012. v. 1. 204p.

IBGE-INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico de Pedologia.** 2ªed. Rio de Janeiro: IBGE, 2007.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. (2012) **A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** Field CB et al. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 582 pp. Available in: http://ipcc-wg2.gov/SREX/images/uploads/SREX-All_FINAL.pdf. Acessado em junho de 2018

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. (2012) **A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** Field CB et al. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 582 pp. Available in: http://ipcc-wg2.gov/SREX/images/uploads/SREX-All_FINAL.pdf. Acessado em maio de 2016.

JACOMINE, P. K. T. **Solos sob Caatinga: características e uso agrícola.** In: ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Viçosa, MG: SBCS, 1996. p. 95.133.

JACOMINI, P. T. K. **A NOVA CLASSIFICAÇÃO BRASILEIRA DE SOLOS.** Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica, Recife, vols. 5 e 6, p.161-179, 2009.

JENSEN, J. R. Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em Recursos Terrestres. Tradução de J. C. N. Epiphanyo. São José dos Campos, SP: Parênteses, 2009. 598 p.

KAYANO, M. T; ANDREOLI, R.V. Clima da Região Nordeste do Brasil. In: **Tempo e Clima no Brasil.** CAVALCANTI, I.F.A., et. al. (Orgs.). Oficina de Textos, São Paulo, p.211-

233. 2009.

KAZTMAN. **Notas sobre la medición de la vulnerabilidad social**. México: BID-BIRCEPAL, 2000 (Borrador para discusión. 5 Taller regional, la medición de la pobreza, métodos e aplicaciones). Disponível em : <<http://www.eclac.cl/deype/noticias/proyectos>>. Acessado em 19 de junho de 2012.

KÖPPEN, W. **Climatologia**. México: Fondo de Cultura Económica, 1948.

KOUSKY, V. E. Diurnal rainfall variation in northeast Brazil. **Monthly Weather Review, United States of America.**, v. 108, n.4, p. 488–498, 1980.

KUNDZEWICZ, Z.W.; et al. Freshwater resources and their management. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, p.173-210, 2007.

LATORRE, M. L.; CARVALHO JUNIOR, O. A.; CARVALHO, A. P. F. ; SHIMABUKURO, Y. E . Correção atmosférica: conceitos e fundamentos. **Espaço e Geografia** (UnB), Brasília (DF), v. 5, n.1, p. 153-178, 2002.

LEAL, I. R. (Org.); TABARELLI, M. (Org.) ; SILVA, J. M. C. (Org.). **Ecologia e Conservação da Caatinga**. Recife: Editora da Universidade Federal de Pernambuco, 2003. v. 1. 815p.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. 2ªed. São Paulo, Oficina de Textos, 2010.

LIBAULT, A. Os quatro níveis da pesquisa geográfica. **Métodos em Questão**, Instituto de Geografia (USP), São Paulo, n. 1, 1971, p. 1-14.

LIMA, M. D. V.; RONCAGLIO, C. Degradação socioambiental urbana, políticas públicas e cidadania. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, n. 3, p. 53-63, 2001.

LIU, W. T. H. **Aplicações de Sensoriamento Remoto**. Campina Grande: UNIDERP, 2007.

LOMBARDO, M. A.; CARVALHO, V. **Análise preliminar das potencialidades das imagens Landsat para estudo de desertificação**. São José dos Campos: INPE, 1979.

MACEDO, H.S. A evolução do relevo em áreas semi-áridas: um estudo de caso na mesorregião do sertão sergipano. In: XXIV SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE. ANAIS, ARACAJU 2011.

MADDOX, R. A. Mesoscale convective complexes. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 61, n. 11, p. 1374–1387, 1980.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia científica**. 5. Ed. 4. São Paulo: Atlas, 2010.

MARENGO, J. A.; SOARES, W. R - CPTEC-INPE. Impacto das mudanças climáticas no

Brasil e Possíveis Cenários Climáticos: **Síntese do Terceiro Relatório do IPCC de 2001**. São Paulo, 29p, 2005.

MARENGO, J. A.; VALVERDE, M. C. Caracterização do clima no Século XX e Cenário de Mudanças de clima para o Brasil no Século XXI usando os modelos do IPCC-AR4. **Revista Multiciência**, Campinas – São Paulo, n. 8, Maio, 2007.

MARQUES NETO, R. A abordagem sistêmica e os estudos geomorfológicos: algumas interpretações e possibilidades de aplicação. **Geografia (Londrina)**, v. 17, p. 67-88, 2008.

MATALLO JUNIOR, H. **Indicadores de Desertificação: histórico e perspectivas**. –Brasília: UNESCO, 2001. 80p.

MATEO, J.; SILVA, E. V.; CABO, A. R. O Planejamento Ambiental como instrumento na incorporação da sustentabilidade no processo de desenvolvimento: o caso do Ceará, Brasil. **Mercator (Fortaleza. Online)**, v. 3, p. 67-72, 2004.

MENDONÇA, F. A. **A Desertificação No Noroeste do Estado do Paraná**. In: Encuentro de Geografos de America Latina, 1993. Merida - Venezuela. p. 1-12.

MENDONÇA, F. A.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: Noções básicas e climas do Brasil**. 1. ed. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2007. v. 1. 208p.

MENDONÇA, J. F. B. **Solo: substrato da vida**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006. 156 p.

MIRANDA, C.E. **Filofia y medio ambiente**. Uma aproximación teórica. México. D.F. EdicionesTallerAbierto, 1997.190p.

MOLION. L. C. B. BERNARDO, S. O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro (RJ), v. 17, n.1, p. 1-10, 2002.

MONTEIRO, C. A. F. Sobre um índice de participação das massas de ar e sua aplicabilidade à classificação climática. **Revista Geográfica da Comissão de Geografia do IPGH**, 1964.

_____. Análise rítmica em climatologia: problemas da atualidade climática em SãoPaulo. **Climatologia** nº 01, p. 01-21, 1971.

_____. **Derivações Antropogênicas dos Geossistemas Terrestres no Brasil e alterações climáticas: perspectivas urbanas e agrárias ao problema de elaboração de modelos de avaliação**. ACIESP, 1978. p.43-74.

_____. **On the Desertification in the Northeast Brazil and Man's Role in thisProcess**. **Latin American**. Studies nº 9, Ibaraki, Japan: The UniversityofTsukuba,1988.

_____. **Geossistemas: a história de uma procura**. São Paulo, Contexto,2000.

MORIN, E. **Notas para um “Emílio” contemporâneo**. In: VEGA, A.P.; ALMEIDA, C.R.S.; PETRAGLIA, I. (Org). Edgar Morin: ética, cultura e educação. São Paulo: Cortez, 2001. p.149-155.

MORIN, E. **Introdução ao Pensamento Complexo**. Porto Alegre: Sulina. 2005.

MOURA, M. E; et al. **Desenvolvimento de Indicadores de Sustentabilidade Urbano-Regional**. In: X EGAL, 2005, SÃO PAULO. ANAIS DO X EGAL. SÃO PAULO: ANPEGE/AGB/USP, 2005. v. CD-ROM. p. 9981-9989.

MUNHOZ, D. **Alfabetização ecológica de indivíduos e empresas do século XXI**. In: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Identidades da educação ambiental brasileira. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004.p.141-155.

NASCIMENTO, F. R. **Degradação ambiental e desertificação no Nordeste Brasileiro: o contexto da Bacia Hidrográfica do rio Acaraú – CE**. (Tese de doutoramento em Geografia). UFF: RJ, 2006. 370p.

NERY, J. T.; CARFAN, A. C. **Glossário de termos Técnicos em Meteorologia e Climatologia**. 1. ed. Jundiaí, SP: Paco Editorial, 2013. 416p.

NICHOLSON, S. E.; DAVENPORT, M. L; MALO, A. R.; A comparison of the vegetation response to rainfall in the Sahel and east Africa, using normalized difference vegetation index from NOAA AVHRR, **Climatic Change**, 17, p. 209- 241, 1990.

NIMER, E. Subsídio ao Plano de Ação Mundial para Combater a Desertificação - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). In: **Revista Brasileira de Geografia**. Rio de Janeiro: IBGE, 42(3), 1980.

NÓBREGA, M.T., et al. Uncertainty in climate change impacts on water resources in the Rio Grande Basin, Brazil. **Hydrol. Earth Syst. Sci.**, v. 15, p. 585–595, 2011.

NOGUEIRA, F. R. **Gerenciamento de suscetibilidades ambientais associados a escorregamentos: contribuição às políticas públicas municipais para áreas de ocupação subnormal**. 2002. 260 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2002.

NOGUEIRA DE SOUZA, G. B. **Degradação ambiental e ocupação do solo na várzea do rio Ouricuri, Capanema (PA)**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, Rio de Janeiro. 2003. p.1-12.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto, Princípios e Aplicações** - Edgard Blucher. São Paulo 4 ed., 2010.

NUNES, E. P. **Manual Técnico de Geomorfologia**. IBGE, Rio de Janeiro, 2009. 175 p.

OLIVEIRA, A. R. Influência climática no uso e ocupação do solo do município de Poço Verde/SE. **Dissertação** (mestrado), Núcleo de Pós-graduação em Geografia-NPGEO da Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão-SE, 2013.

OLIVEIRA, A. R. **A desertificação do alto sertão de Sergipe no contexto geográfico**. 2017. 231 f. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Sergipe, Programa de Pós- Graduação em Geografia, 2017.

OLIVEIRA, L. B. et al. Interferências pedológicas aplicadas ao perímetro irrigado de Custódia, PE. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.1477-1486, 2002.

OLIVEIRA, A.C.A.; MELO E SOUZA, R. Contribuições do Método Geossistêmico aos Estudos Integrados da Paisagem. **Geoambiente On-line**, v. 1, p. 157-175, 2012.

OLIVEIRA, F. P.; SANTOS, D.; SILVA, I. F.; SILVA, M. L. Tolerância de perda de solo por erosão para o Estado da Paraíba. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. v. 8, n. 2, p. 60-71, 2008.

OLIVEIRA, T. A.; RIEDEL, P. S. Os Quatro Níveis da Pesquisa Geográfica Aplicados à Organização de Atividades Envolvidas na Compartimentação de Terrenos. **Revista Geonorte**, v. 1, p. 69-77, 2012.

OLMEDO, E.J.M.; VALDERAS, V.; MATEOS DE CABO.R. **La economía en El marcode La ciência compleja. Encuentros multidisciplinares**. Fundación General de La Universidad Autónoma de Madrid, VVI, n12, 2004, p.56-61.

PACHECO, A. P.; FREIRE, N.C.F; BORGES, U.N. **A degradação ambiental em Xingo: uma visão sinótica numa perspectiva espectro-temporal**. In: Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. Florianópolis, p. 1 – 9, out. 2005.

PAIM, G. F.; OLIVEIRA, F. F. **Análise multicritério para construção de Cenários de Suscetibilidade à desertificação: Qual a Relação destes Ambientes com a Diversidade de abelhas?**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15. (SBSR), 2011, Curitiba. Anais ... São José dos Campos: INPE, 2011. p. 3135-3141.

PEREIRA, K. F. **Zoneamento Geoambiental da Bacia Hidrográfica da Represa Laranja Doce – Martinópolis (SP)**. 108f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, 2012.

PERES FILHO, A. **Estudo revela efeitos do uso inadequado dos solos**. Jornal da UNICAMP, ed. 226, 2003. Disponível para acesso no site<http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/ju/agosto2003/ju226pg11.html>

PFALTZGRAFF, P. A. D. S. **Mapa de suscetibilidade a deslizamentos na região metropolitana do Recife**. Tese (Doutorado em Geologia) - CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO, Recife - PB. 2007.

PINTO, J. E. S. S.; AGUIAR NETTO, A.O. **Clima, Geografia e Agrometeorologia: uma abordagem interdisciplinar**. 01. ed. São Cristóvão-Se: EDITORA-UFS, 2008. v.01. 221p.

PISSINATI, M. C.; ARCHELA, R. S. Geossistematerritorio e paisagem - método de estudo da paisagem rural sob a ótica bertrandiana. **Geografia (Londrina)**, v. 18 n.1, p. 05-31, 2009.

PONZONI, F. J. **Comportamento Espectral da Vegetação**. In: MENESES, P. R., NETTO, J. S. M. (org) Sensoriamento remoto, reflectância dos alvos naturais. Brasília – DF: Editora Universidade de Brasília - UNB, Embrapa Cerrados, p 157-199, 2001.

RAMOS FILHO, E.S. Ação do Estado na inserção do agrodiesel em Sergipe: resistência e subordinação no Assentamento Jacaré-Curituba. **Geonordeste (UFS)**, v. 1, p. 1-34, 2013.

REGRA, A. P. M. ; DUARTE, C. G. ; MALHEIROS, T. F. . Uma Análise do Projeto 'Cenários Ambientais 2020' Proposto pela Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v. 30, p. 89-98, 2013.

REBELO, F. **Suscetibilidades Naturais**. Problemática da sua definição e adaptação aos principais elementos da teoria do suscetibilidade. Análise e Gestão de Suscetibilidades, Segurança e Fiabilidade. C. Guedes Soares, A. P. Teixeira e P. Antão (Eds.). Lisboa, Edições Salamandra, vol. I, 2005 a. p. 301-315.

_____. **Suscetibilidades Naturais e Acção Antrópica**. Estudos e Reflexões. Coimbra, Imprensa da Universidade, 2003. 286 p.

REBELO, F. Um novo olhar sobre as suscetibilidades? O exemplo das cheias rápidas (flash floods) em domínio mediterrâneo. **Territorium**, 15, 2008. p. 7-14.

RÊGO, S. C. A.; et al. Análise comparativa dos índices de vegetação NDVI e SAVI no município de São Domingos do Cariri-PB. **Revista GeoNorte**, v. 1, p. 1217-1229, 2012.

REGRA, A. P. M. Um olhar estratégico para o Projeto “Cenários Ambientais 2020” proposto pela Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo. 2010.

RINGLAND, Gill. **Scenario Planning: Managing for the Future**. 2ª ed. John Wiley & Sons, Ltd, 2006.

ROBINOVE, C. J.; et al. Arid Land Monitoring Using LANDSAT Albedo Difference Images. **Remote Sensing of Environment**, v. 11, p. 133-156. 1981.

ROCHA, J. S. M. **Manual de projetos ambientais**. Santa Maria, RS. Imprensa Universitária. 1997.423p.

RODRIGUES, V. **Pesquisa dos Estudos e Dados Existentes sobre Desertificação no Brasil**. Plano Nacional de Combate à Desertificação. Brasília: MMA. Projeto BRA 93/03611997. 1995.

RODRIGUEZ, J. M. M. Análise e síntese da abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental. **Revista do Departamento de Geografia da FFLCH/USP**. São Paulo, v. 9. 1994.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. A Classificação das Paisagens a partir de uma Visão Geossistêmica. **Mercator**, Fortaleza, v. 1, n.1, p. 95-112, 2002.

RODRIGUEZ, J. M. M. **Geocologia das paisagens**: uma visão geossistêmica da análise ambiental. Edições UFC, Fortaleza: 2010, 222p.

RODRIGUEZ, J. M. M., SILVA, E. V. **Planejamento e Gestão Ambiental**: Subsídios da Geocologia das Paisagens e da Teoria Geossistêmica. 1a. ed. Fortaleza: Edições UFC, 2013.

v. 1. 370p.

RODRIGUEZ, J. M. M., SILVA, E.V., CAVALCANT, A.P.B., **Geocologia das Paisagens: Uma visão geossistêmica da análise ambiental**. Fortaleza: Editora UFC, Ceará, 2013, 222p.

ROMKENS, M. J. M., S. N. PRASAD & J.W. A POESEN. Soil Erodibility And Properties. In: **Annals of the VIII CONGRESS of the ISSS**, Hamburg, p.492–503, out.1987.

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para o planejamento ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W.; HARLAN, J. C. **Monitoring the vernal advancement and retrogradation of natural vegetation**. Greenbelt: NationalAeronauticsand Space Administration, 1974, 371 p.

ROXO, M. J. **O panorama mundial da desertificação**. MOREIRA, E. (Org.). Agricultura familiar e Desertificação. João Pessoa: Ed. Universitária da UFPB, 2006.p. 11-32.

SÁ, I. B.; et al. Processos de desertificação no Semiárido brasileiro. In: SÁ, I. B.; SILVA, P. C. G. (Org.). **Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação**. 1ed. Brasília: Embrapa, 2010, v. 1, p. 125-158.

SAITO, S. **Estudo analítico da suscetibilidade a escorregamento e queda de bloco no Maciço Central de Florianópolis-SC**. Florianópolis. 132 p. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.

SALES, M. C. L. **Estudo da degradação ambiental em Gilbués – PI**. Reavaliando o“núcleo de desertificação”. 1998. Dissertação (Mestrado em Geografia) - USP/FFLCH, São Paulo, 1998.

SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAUJO, M. do S. B.; SAMPAIO, Y. S. B. Propensão a desertificação no semiárido brasileiro. In: Congresso Internacional de Zootecnia, 8., 2006, Recife. **Anais...** Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco 2006. p. 59-76.

SAMPAIO, E.V.S.B.; ARAUJO, M. do S.B.; SAMPAIO, Y.S.B. **Propensão a desertificação no semiárido brasileiro**. In: Congresso Internacional de Zootecnia, 8. 2006, Recife. **Anais...** Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco 2006. p. 59-76.

SANTOS, S. J. S. **Salinização do Solo: problemática Socioambiental do perímetro irrigado**. 2015. 147 f. Dissertação (Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão de 2015.

SANTANA, D. P.; SANS, L. M. A. **Classes de solo e irrigação**. In: Embrapa Informação Tecnológica. (Org.). Uso e manejo de irrigação (Ed.). Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008, v. 1, p. 15-68.

SANTANA, J. L. S. de; AGUIAR NETTO, A. O.; MELLO JUNIOR, A. V. **Impacto da precipitação e de vazão máximas em obras de infra-estrutura em uma sub-bacia do semi-árido de Sergipe**. In: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007, São Paulo. XVII

Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007. p. 1-15.

SANTANA, J. L. S. **Precipitação e Vazão na Sub-Bacia Hidrográfica do Riacho Jacaré (Poço Verde e Canindé de São Francisco-Se), Baixo São Francisco Sergipano.** 2006, 125p. Dissertação (Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão.

SANT'ANNA NETO, J. L. **Ritmo Climático e a gênese das chuvas na Zona Costeira Paulista.** (Dissertação de Mestrado). São Paulo: FFLCH/USP- Programa de Pós-Graduação em Geografia, 1990. 168p.

SANT'ANNA NETO, J. L. O clima urbano como construção social: da vulnerabilidade polissêmica das cidades enfermas ao sofisma utópico das cidades saudáveis. **Revista Brasileira de Climatologia (online)**, v. 8, p. 45-60, 2011.

SANTOS, G. J. **Agricultura irrigada, meio ambiente e intervenções públicas no território do alto sertão sergipano.** 2011. 270 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Núcleo de Pós-Graduação em Geografia, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão. 2011.

SANTOS, M. C. F; AMORIN, R. R.; OLIVEIRA, R. C. **A Geoecologia da Paisagem como Subsídio ao Zoneamento Geoambiental: o caso do litoral sul de Ilhéus-Bahia.** In: 12 Encontro de Geógrafos de America Latina, 2009, Montevideo. Anais, 2009. p. 16-31.

SANTOS, R. A. et al. (org) Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB. Geologia e recursos minerais do Estado de Sergipe. Escala 1:250.000. **Texto explicativo do Mapa geológico do Estado de Sergipe.** Brasília: CPRM/DIEDIG/DEPAT; CODISE, 2001. 156 p.

SANTOS, A. M; GALVÍNCIO, J. D; Mudanças climáticas e cenários de susceptibilidade ambiental à desertificação em municípios do estado de Pernambuco. **Observatorium: Revista Eletrônica de Geografia.** v.5, n.13, p. 66-83, 2013.

SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental: teoria e prática.** São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 184 p.

SANTOS. M. (org). **Novos rumos da Geografia brasileira.** São Paulo: Hucitec, 1996.

SARTORI, R. C. **O pensamento ambiental sistêmico: uma análise da comunicação científica da ESALQ/USP.** 2005. 109 f. Dissertação (mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2005.

SEPLANTEC (Secretaria de Estado do Planejamento e da Ciência e Tecnologia). **Enciclopédia dos Municípios Sergipanos.** Aracaju: Governo de Sergipe. 2014.

SERGIPE. **Plano Estadual de Recursos Hídricos de Sergipe-PERH-SE.** Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos - Programa Nacional de Desenvolvimento dos Recursos Hídricos - PROÁGUA Nacional, v1, 2013.

SERGIPE. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. **Programa de**

Ação Estadual de Sergipe para o Combate à Desertificação e Mitigação aos Efeitos da Seca – PAE –SE/SEMARH: Aracaju/Se, 2011.

SILVA DIAS, M. A. F. Sistemas de mesoescala e previsão de tempo à curto prazo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 2, p. 133–150., 1987.

SILVA, B. B.; BEZERRA, M. V. C. Determinação dos fluxos de calor sensível e latente na superfície utilizando imagens TM - Landsat 5. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.14, n.2, p.174-186, 2006.

SILVA, E. V.; RODRIGUEZ, J. M. M. Geoecologia da Paisagem: zoneamento e gestão ambiental em ambientes úmidos e subúmidos. **Revista Geográfica de America Central (online)**, v. 2, p. 1-12, 2011.

_____. Planejamento e Zoneamento de Bacias Hidrográficas: a geoecologia das paisagens como subsídio para uma gestão integrada. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. Especial, p. 4-17, 2014.

SILVA, R. R.; et al. Estudo numérico da influência da topografia na formação de sistemas convectivos no sul do Ceará. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO E IBERICO DE METEOROLOGIA. **Anais do Congresso Latino-Americano e Iberico de Meteorologia e Congresso Brasileiro de Meteorologia**. Rio de Janeiro (RJ): Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1994. v. 2, n. 3, p. 529–531.

SILVA, J. M. C.; et al. (org). Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação. Brasília (DF): MMA/UFPE/Conservation International – Biodiversitas – Embrapa Semi-árido, 2004.

SILVEIRA, C. da S.; COUTINHO, M. M.; COSTA, A. A.; MARIA., P. H. S. de. Previsão detempo por conjuntos para a região nordeste do brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**., v. 29, n. 3, 2014.

SOBRINHO, V. **Panorama da desertificação no Estado do Piauí**. Secretaria de Estado de Recursos Hídricos do Estado do Piauí. Relatório de consultoria. Teresina, Piauí, 2005.

SORRE, M. Objectandmethodofclimatology. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 18, p. 89-94, 2006.

SOUSA, R. F.; et al. Estudo doprocesso de desertificação e das vulnerabilidades do município de Cabaceiras – Paraíba.**Engenharia Ambiental**, Espirito Santo do Pinhal, v. 4, no 1, p. 89-102, 2007.

SOUZA, D. C de; OYAMA, M. Climatic consequences of gradual desertification in the semi-arid area of Northeast Brazil. **Theor Appl Climatology**, v. 103, p.345–357, jun 2011.

SOUZA, B. I. **Cariri paraibano: do silêncio do lugar à desertificação**. 2008. 198 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia –Doutorado, UFRGS, Porto Alegre (RS).

_____. Uso da vegetação e solos em áreas susceptíveis à desertificação

naParaíba/Brasil. **GEOgraphia (UFF)**, v. 13, p. 77-105, 2012.

_____; ARTIGAS, CÁMARA, R.; LIMA, E. R. V. de. Caatinga e desertificação. **Mercator (Fortaleza)**, v. 14, n. 1, p. 131-150, 2015.

SOUZA, B. I. ; SUERTEGARAY, D. M. A. ; Lima, E.R.V . Evolução da desertificação no Cariri Paraibano a partir da análise das modificações na vegetação. **Geografia (Rio Claro. Impresso)**, v. 36, p. 193-208, 2011.

STIPP, M. E. F. **A ocupação do solo e a problemática da arenização e voçorocamento no município de Paranavaí**, 2006. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.

SUERTEGARAY, D. M. A. **Deserto Grande do Sul: Controvérsia**. Porto Alegre: Editora da Universidade, UFRGS, 1992.

TAUK-TORNISIELO, S. M. (Org). **Análise Ambiental: uma visão multidisciplinar**. São Paulo. UNESP, 1991.

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, New York, n. 38, 1948, p. 55-94.

TEINKE, E. T. **Climatologia Fácil**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. v. 1. 144p.

TOMASELLA, J.; et al. Estudo de impacto das mudanças climáticas sobre os recursos hídricos superficiais e sobre os níveis dos aquíferos na Bacia do Rio Tocantins. CCST/INPE, **Cachoeira Paulista**, 2009.

TRES, D. R. ; REIS, A. ; SCHLINDWEIN, S. L. . A construção de cenários da relação homem-natureza sob uma perspectiva sistêmica para o estudo da paisagem em fazendas produtoras de madeira no planalto norte catarinense. **Ambiente e Sociedade** (Campinas), v. 14, p. 151-173, 2011.

TROPMAIR, H. **Biogeografia e Meio Ambiente**. 5. ed. Rio Claro: Divisa- Gráfica Editora, 2002. v. 500. 197p.

TURNER, N. Future-proofing Your Organisation. **CEO Journal**. October, 2008. Disponível em: http://www.gbn.com/articles/pdfs/GBN_Futureproofing.CEO%20j.pdf. Acesso em: 30 julho de 2016.

VASCONCELOS SOBRINHO, J. **Metodologia para Identificação de Processos de Desertificação: Manual de Indicadores**. In: Encontro dos Órgãos de Preservação e Controle Ambiental do Nordeste: anais. Recife: Sudene, 1978.

_____. **Processos de Desertificação no Nordeste**. Sudene: Recife, 1983.

VEYRET, I. **Os Riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. 2. ed. Editora Contexto. Tradução de Dilson Cruz, 2013.

VERDUM, R.; et al. Desertificação: questionando as bases conceituais, escalas de análise e consequências. **GEOgraphia**(UFF), Niterói, v. 3, n.6, p. 119-132, 2002.

VIEIRA, L. V. L.; SILVEIRA, G. N. **Áreas suscetíveis a desertificação em Sergipe: reflexos sócio-ambientais no município de Poço Verde e Canindé de São Francisco/SE.** In: XII ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA, 2009. Montevideo. Anais do 12º Encuentro de geógrafos de américa latina. ImprentaGega, 2009. p.1-21.

VIEIRA, R. M. S. P.; et al. Identifying areas susceptible to desertification in the Brazilian northeast, **Solid Earth**, v.6, p.347–360, mar., 2015.

VIRJI, H.; KOUSKY, E. V. Regional and global aspects of a low latitude frontal penetration in amazonas and associated tropical activity. In: AMERICAN METEOROLOGY SOCIETY. **Preprints First Internacional Conference on Southern Hemisphere Meteorology.** Boston U.S.A.: American Meteorology Society, 1983. v. 1, n. 1, p. 215–220.

VITTE, A. C. O desenvolvimento do conceito de paisagem e a sua inserção na geografia física. **Mercator** (UFC), v. 6, p. 71-78, 2007.

WANG, X.; et al. Responses of dune activity and desertification in China to global warming in the twenty-first century. **Global and Planetary Change**, v. 67, p. 167-185, jun., 2009.

ZÊZERE, J. L. et al. **Spatial and temporal data management for the probabilistic landslide hazard assessment considering landslide typology.** In: LACERDA, W. A.;

ZUQUETE, L.V. **Importância do mapeamento geotécnico no uso e ocupação do meio físico: fundamento e guia para elaboração.** 1993. 2v. 368f. Tese (Livre-docência em Geotecnia) - Escola de Engenharia da Universidade de São Carlos, São Carlos, 1993.